

Technická univerzita v Liberci

**FAKULTA PEDAGOGICKÁ**

---

**Katedra:** chemie  
**Studijní program:** 2. stupeň  
**Kombinace:** chemie - zeměpis

# STUDIUM CHEMICKÝCH ZMĚN BĚHEM VÝROBY PIVA

THE RESARCH OF CHEMICAL SHIFT DURING THE  
PRODUCTION OF BEER

DAS STUDIUM DER CHEMISCHEN WECHSEL WÄHREND  
DER BIERPRODUKTION

**Diplomová práce:** 2006–FP–KCH– 1

**Autor:**  
Martina DEUSOVÁ

**Podpis:**

---

**Adresa:**  
Moravská 866  
509 01, Nová Paka

**Vedoucí práce:** Ing. Jana Müllerová, Ph.D.

**Počet**

stran	slov	obrázků	tabulek	grafů	pramenů	příloh
87	18251	15	63	24	15	3

V Liberci dne: 11. 5. 2006

## Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

V Liberci dne 11.5.2006

Podpis:

## **Poděkování**

Ráda bych na tomto místě poděkovala vedoucí své diplomové práce, Ing. Janě Müllerové Ph.D., za podporu a připomínky, které vedly ke zkvalitnění této práce. Veliké díky patří i pivovaru, který mi umožnil přístup ke vzorkům, bez nichž by tato práce nemohla vzniknout a dále mi umožnil používání laboratorních přístrojů.

# Anotace

Cílem této diplomové práce je monitorování a studium některých základních chemických změn během výroby piva, konkrétně při hlavním kvašení. Sledováno bylo dvacet vzorků mladiny, které se na spilce měnily v pivo.

První část práce se zabývá historií a technologií výroby piva. Je zde popsáno, jaké jsou potřeba suroviny pro uvaření várky, princip výroby sladu a princip výroby piva. V druhé části jsou ve stručnosti nastíněny základní druhy piv vyráběných v České republice. A třetí část se zabývá sledovanými chemickými změnami při hlavním kvašení, konkrétně nárůstem alkoholu, ubýváním extraktu a hustoty, změnou barvy a poklesem pH. V závěru práce je shrnuto, zda u sledovaných vzorků během hlavního kvašení probíhalo vše dle normálu.

# Annotation

The goal of this thesis is to monitor and study some of the basic chemical changes during the beer production process, specifically during the main fermentation. Twenty specimen of mash were studied during the process of turning into beer.

The first part addresses the history and technology of beer production. It describes ingredients needed for batch preparation, the principle of malt production and the principle of beer production. The second part briefly depicts the basic beer sorts being manufactured in the Czech Republic. And the third part describes the chemical changes observed during the main fermentation, specifically the alcohol accumulation, the extract and density diminution, the color change and the pH decrease. The conclusion summarizes whether the main fermentation of the studied specimens proceeded normally.

# Obsah

<b>1 ÚVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2 TECHNOLOGIE VÝROBY PIVA .....</b>	<b>2</b>
2.1 Historie výroby piva .....	2
2.2 Základní suroviny k výrobě piva .....	5
2.2.1 Sladovnický ječmen .....	5
2.2.2 Chmel .....	8
2.2.3 Voda .....	11
2.3 Výroba piva .....	12
2.3.1 Výroba sladu .....	12
2.3.1.1 Čištění a třídění ječmene.....	13
2.3.1.2 Máčení.....	14
2.3.1.3 Klíčení.....	15
2.3.1.4 Hvozdní.....	19
2.3.1.5 Odkličování a drcení .....	22
2.3.2 Výroba piva.....	23
2.3.2.1 Výroba mladina.....	23
2.3.2.2 Procesy kvašení.....	29
2.3.2.3 Procesy dokvašování a zrání .....	33
2.3.2.4 Filtrace piva .....	33
<b>3 DRUHY PIV .....</b>	<b>35</b>
3.1 Základní rozdělení druhů piv.....	35
3.2 Druhy piv vyráběných v České republice.....	35
<b>4 STUDIUM ZÁKLADNÍCH CHEMICKÝCH ZMĚN BĚHEM VÝROBY PIVA .....</b>	<b>38</b>
4.1 Alkohol .....	38
4.1.1 Teorie kvašení – vznik alkoholu .....	38
4.1.2 Nárůst alkoholu u sledovaných vzorků.....	41
4.1.2.1 Deset vzorků 11% piva .....	42
4.1.2.2 Deset vzorků 14% piva .....	46

---

4.2	Extrakt zdánlivý a skutečný.....	50
4.2.1	Deset vzorků 11 % piva .....	52
4.2.2	Deset vzorků 14% piva .....	54
4.3	Barva.....	57
4.4	pH .....	60
4.4.1	pH obecně.....	60
4.4.2	pH v pivovarnictví.....	61
4.4.3	Sledované pH u deseti vzorků 11 % piva.....	62
4.4.4	Sledované pH u deseti vzorků 14 % piva.....	73
<b>5</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>85</b>
<b>6</b>	<b>LITERATURA .....</b>	<b>87</b>
	<b>Přílohy .....</b>	<b>88</b>
<b>Příloha A:</b>	<b>SCHÉMA VÝROBY PIVA .....</b>	<b>89</b>
<b>Příloha B:</b>	<b>TABULKY Z ČASOPISU KVASNÝ PRŮMYSL .....</b>	<b>90</b>
<b>Příloha C:</b>	<b>ALCOLYZER BEER .....</b>	<b>91</b>

## Seznam obrázků:

Obrázek 1: Pivo .....	2
Obrázek 2: Výroba dřevěných sudů (zdroj: <a href="http://www.pivni-tacky.cz">www.pivni-tacky.cz</a> ) .....	5
Obrázek 3: Příčný a podélný řez zrnem ječmene .....	6
Obrázek 4: Ječmenová půda .....	8
Obrázek 5: Chmel .....	9
Obrázek 6: Chmelová hlávka.....	9
Obrázek 7: Příklady látek přítomných v chmelu evropském.....	10
Obrázek 8: alfa – hořké kyseliny, beta – hořké kyseliny .....	11
Obrázek 9: Sladovna .....	16
Obrázek 10: Varna – mladinová pánev (kotel).....	25
Obrázek 11: Kvasné kádě na spilce .....	30
Obrázek 12: Spilka.....	31
Obrázek 13: Tvorba glukoso-6-fosfátu .....	39
Obrázek 14: Schéma alkoholového kvašení dle Embden – Meyerhof – Parnase.....	40
Obrázek 15: Schéma výroby piva .....	89

## Seznam tabulek:

Tabulka 1: Nárůst alkoholu u V 1 - mladina o stupňovitosti 10,50.....	42
Tabulka 2: Nárůst alkoholu u V 2 - mladina o stupňovitosti 10,55.....	42
Tabulka 3: Nárůst alkoholu u V 3 - mladina o stupňovitosti 10,60.....	42
Tabulka 4: Nárůst alkoholu u V 4 - mladina o stupňovitosti 10,70.....	42
Tabulka 5: Nárůst alkoholu u V 5 - mladina o stupňovitosti 10,75.....	42
Tabulka 6: Nárůst alkoholu u V 6 - mladina o stupňovitosti 10,80.....	43
Tabulka 7: Nárůst alkoholu u V 7 - mladina o stupňovitosti 10,70.....	43
Tabulka 8: Nárůst alkoholu u V 8 - mladina o stupňovitosti 10,40.....	43
Tabulka 9: Nárůst alkoholu u V 9 - mladina o stupňovitosti 10,45.....	43
Tabulka 10: Nárůst alkoholu u V 10 - mladina o stupňovitosti 10,50.....	43
Tabulka 11: Nárůst alkoholu u V 11 - mladina o stupňovitosti 13,45.....	46
Tabulka 12: Nárůst alkoholu u V 12 - mladina o stupňovitosti 13,55.....	46
Tabulka 13: Nárůst alkoholu u V 13 - mladina o stupňovitosti 13,65.....	46
Tabulka 14: Nárůst alkoholu u V 14 - mladina o stupňovitosti 13,70.....	46
Tabulka 15: Nárůst alkoholu u V 15 - mladina o stupňovitosti 13,70.....	46
Tabulka 16: Nárůst alkoholu u V 16 - mladina o stupňovitosti 13,75.....	47
Tabulka 17: Nárůst alkoholu u V 17 - mladina o stupňovitosti 13,70.....	47
Tabulka 18: Nárůst alkoholu u V 18 - mladina o stupňovitosti 13,90.....	47
Tabulka 19: Nárůst alkoholu u V 19 - mladina o stupňovitosti 13,75.....	47
Tabulka 20: Nárůst alkoholu u V 20 - mladina o stupňovitosti 13,80.....	47
Tabulka 21: Úbytek extraktů a hustoty u V 1 .....	52
Tabulka 22: Úbytek extraktů a hustoty u V 2 .....	52
Tabulka 23: Úbytek extraktů a hustoty u V 3 .....	52
Tabulka 24: Úbytek extraktů a hustoty u V 4 .....	52
Tabulka 25: Úbytek extraktů a hustoty u V 5 .....	53
Tabulka 26: Úbytek extraktů a hustoty u V 6 .....	53
Tabulka 27: Úbytek extraktů a hustoty u V 7 .....	53
Tabulka 28: Úbytek extraktů a hustoty u V 8 .....	53
Tabulka 29: Úbytek extraktů a hustoty u V 9 .....	54
Tabulka 30: Úbytek extraktů a hustoty u V 10 .....	54
Tabulka 31: Úbytek extraktů a hustoty u V 11 .....	54



Tabulka 32: Úbytek extraktů a hustoty u V 12 .....	54
Tabulka 33: Úbytek extraktů a hustoty u V 13 .....	55
Tabulka 34: Úbytek extraktů a hustoty u V 14 .....	55
Tabulka 35: Úbytek extraktů a hustoty u V 15 .....	55
Tabulka 36: Úbytek extraktů a hustoty u V 16 .....	55
Tabulka 37: Úbytek extraktů a hustoty u V 17 .....	55
Tabulka 38: Úbytek extraktů a hustoty u V 18 .....	56
Tabulka 39: Úbytek extraktů a hustoty u V 19 .....	56
Tabulka 40: Úbytek extraktů a hustoty u V 20 .....	56
Tabulka 41: Hodnoty barvy 1., 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8., 9., a 10. vzorku 11% piva .....	58
Tabulka 42: Hodnoty barvy 11., 12., 13., 14., 15., 16., 17., 18., 19. a 20. vzorku 14% piva .....	59
Tabulka 43: Vývoj pH křivky u V 1 .....	62
Tabulka 44: Vývoj pH křivky u V 2 .....	63
Tabulka 45: Vývoj pH křivky u V 3 .....	65
Tabulka 46: Vývoj pH křivky u V 4 .....	66
Tabulka 47: Vývoj pH křivky u V 5 .....	67
Tabulka 48: Vývoj pH křivky u V 6 .....	68
Tabulka 49: Vývoj pH křivky u V 7 .....	69
Tabulka 50: Vývoj pH křivky u V 8 .....	70
Tabulka 51: Vývoj pH křivky u V 9 .....	71
Tabulka 52: Vývoj pH křivky u V 10 .....	72
Tabulka 53: Vývoj pH křivky u V 11 .....	73
Tabulka 54: Vývoj pH křivky u V 12 .....	74
Tabulka 55: Vývoj pH křivky u V 13 .....	75
Tabulka 56: Vývoj pH křivky u V 14 .....	76
Tabulka 57: Vývoj pH křivky u V 15 .....	77
Tabulka 58: Vývoj pH křivky u V 16 .....	78
Tabulka 59: Vývoj pH křivky u V 17 .....	79
Tabulka 60: Vývoj pH křivky u V 18 .....	80
Tabulka 61: Vývoj pH křivky u V 19 .....	81
Tabulka 62: Vývoj pH křivky u V 20 .....	82
Tabulka 63: Použitelnost kvasnic u sledovaných vzorků .....	84

## Seznam grafů:

Graf 1: Nárůst alkoholu u 1., 2., 3., 4., a 5. vzorku 11% piva .....	44
Graf 2: Nárůst alkoholu u 6., 7., 8., 9., a 10. vzorku 11% piva .....	44
Graf 3: Nárůst alkoholu u 11., 12., 13., 14., a 15. vzorku 11% piva .....	48
Graf 4: Nárůst alkoholu u 16., 17., 18., 19., a 20. vzorku 11% piva .....	49
Graf 5: Vývoj pH křivky u V 1 .....	63
Graf 6: Vývoj pH křivky u V 2 .....	63
Graf 7: Vývoj pH křivky u V 3 .....	65
Graf 8: Vývoj pH křivky u V 4 .....	66
Graf 9: Vývoj pH křivky u V 5 .....	67
Graf 10: Vývoj pH křivky u V 6 .....	68
Graf 11: Vývoj pH křivky u V 7 .....	69
Graf 12: Vývoj pH křivky u V 8 .....	70
Graf 13: Vývoj pH křivky u V 9 .....	71
Graf 14: Vývoj pH křivky u V 10 .....	72
Graf 15: Vývoj pH křivky u V 11 .....	73
Graf 16: Vývoj pH křivky u V 12 .....	74
Graf 17: Vývoj pH křivky u V 13 .....	75
Graf 18: Vývoj pH křivky u V 14 .....	76
Graf 19: Vývoj pH křivky u V 15 .....	77
Graf 20: Vývoj pH křivky u V 16 .....	78
Graf 21: Vývoj pH křivky u V 17 .....	79
Graf 22: Vývoj pH křivky u V 18 .....	80
Graf 23: Vývoj pH křivky u V 19 .....	81
Graf 24: Vývoj pH křivky u V 20 .....	82

## Seznam použitých zkratek:

<b>V 1</b>	mladina o stupňovitosti 10,50 ‰ a pH 5,70, W 3
<b>V 2</b>	mladina o stupňovitosti 10,55 ‰ a pH 5,65, W 4
<b>V 3</b>	mladina o stupňovitosti 10,60 ‰ a pH 5,66, W 1
<b>V 4</b>	mladina o stupňovitosti 10,70 ‰ a pH 5,59, W 4
<b>V 5</b>	mladina o stupňovitosti 10,75 ‰ a pH 5,62, W 4
<b>V 6</b>	mladina o stupňovitosti 10,80 ‰ a pH 5,64, W 4
<b>V 7</b>	mladina o stupňovitosti 10,70 ‰ a pH 5,64, W 5
<b>V 8</b>	mladina o stupňovitosti 10,40 ‰ a pH 5,48, W 2
<b>V 9</b>	mladina o stupňovitosti 10,45 ‰ a pH 5,49, W 2
<b>V 10</b>	mladina o stupňovitosti 10,50 ‰ a pH 5,48, W 3
<b>V 11</b>	mladina o stupňovitosti 13,45 ‰ a pH 5,56, W 2
<b>V 12</b>	mladina o stupňovitosti 13,55 ‰ a pH 5,47, W 4
<b>V 13</b>	mladina o stupňovitosti 13,65 ‰ a pH 5,58, W 3
<b>V 14</b>	mladina o stupňovitosti 13,70 ‰ a pH 5,45, W 4
<b>V 15</b>	mladina o stupňovitosti 13,70 ‰ a pH 5,51, W 4
<b>V 16</b>	mladina o stupňovitosti 13,75 ‰ a pH 5,60, W 5
<b>V 17</b>	mladina o stupňovitosti 13,70 ‰ a pH 5,55, W 2
<b>V 18</b>	mladina o stupňovitosti 13,90 ‰ a pH 5,58, W 5
<b>V 19</b>	mladina o stupňovitosti 13,75 ‰ a pH 5,62, W 5
<b>V 20</b>	mladina o stupňovitosti 13,80 ‰ a pH 5,40, W 5
<b>W 1</b>	kvasnice použité na prokvašení první kádě
<b>W 2</b>	kvasnice použité na prokvašení druhé kádě
<b>W 3</b>	kvasnice použité na prokvašení třetí kádě
<b>W 4</b>	kvasnice použité na prokvašení čtvrté kádě
<b>W 5</b>	kvasnice použité na prokvašení páté kádě

# 1 ÚVOD

Dosáhnout úspěchu v dnešním vysoce konkurenčním prostředí potravinářského průmyslu vyžaduje kvalitní, zdravotně nezávadný a dle potravinového zákona uznávaný produkt. Velikou roli zde hrají spotřebitelé, o kterých můžeme tvrdit, že bez nich by se pivo nevařilo. Hlavně na nich závisí osud podniků, v našem případě pivovarů.

Tato diplomová práce se zabývá technologií výroby piva a monitorováním dvaceti vzorků mladiny, která se mění na spílce v pivo. Cílem je zachytit základní chemické přeměny, konkrétně nárůst alkoholu, ubývání extraktu a hustoty, změnu barvy a pokles pH při hlavním kvašení.

Celá práce je rozdělena do těchto celků:

**Kapitola 2** pojednává o historii a technologii výroby piva. Je zde řečeno, jaké jsou základní suroviny pro uvaření várky piva. Podrobně je popsán princip výroby sladu a samozřejmě princip výroby piva až po hotový finální výrobek.

**Kapitola 3** popisuje rozdělení druhů pív podle typu kvašení, podle barvy, podle obsahu extraktu původní mladiny a dále podle účelu spotřebitelů.

**Kapitola 4** se zabývá vlastním sledováním chemických změn. Je rozčleněna do čtyř podkapitol. V první podkapitole je vysvětlena teorie kvašení neboli vznik alkoholu a u všech dvaceti vzorku je každý den po celou dobu hlavního kvašení sledován nárůst hmotnostního a objemového alkoholu. Vše je zaznamenáno do tabulek a jsou vypracovány grafy. Druhá podkapitole objasňuje, co je to skutečný a zdánlivý extrakt prokvašení a opět je u všech vzorků sledován úbytek těchto extraktů a zároveň je zaznamenána klesající hustota. Ve třetí podkapitole se dozvíme něco o barvě a z tabulek můžeme sledovat její pokles, který by měl být po celou dobu ležení mladiny na spílce. Poslední čtvrtá podkapitola sleduje vyvíjející se pH. Ke každému vzorku je vypracován graf s pH křivkou, která je následně porovnána s ideálním stavem.

**Kapitola 5** shrnuje, zda u sledovaných vzorků během hlavního kvašení probíhalo vše podle normálu a zda finální výrobky budou splňovat údaje povolené potravinovým zákonem.

## 2 TECHNOLOGIE VÝROBY PIVA

Sladařství a pivovarnictví patří k významným oborům potravinářského průmyslu s mnohaletou úspěšnou tradicí. Finální výrobek pivovarského průmyslu - pivo, je nápoj připravený ze **sladu**, který se vyrábí naklíčením a hvozdním sladovnického ječmene, **chmele** a **vody** zkvašením kulturními **pivovarskými kvasinkami**.



Obrázek 1: Pivo

### 2.1 Historie výroby piva

Již od pradávna jsou základní technologické procesy nezměněné, i když existují v procesech jisté odchylky. První zmínky o výrobě piva pocházejí ze starého Egypta. Legenda vypráví o bohu Osiris, který dal lidem vědomosti o vaření piva. S touto myšlenkou Egypťané užívali pivo při náboženských ceremoniích. Velmi dlouho se mluvilo o přípravě piva ponecháním kousků chlebu ve vodě, kdy se kvasinky dostaly do vody a způsobily tak kvašení nápoje. Dnes je tato teorie samozřejmě vyvrácena. V roce 1996 Delewen Samuel z Cambridge Univerzity dokázala, že Egypťané používali ječmen k výrobě sladu a různé typy pšenice namísto chmelu. Absence chmelu tak způsobovala sladkost piva. Jisté je to, že pivo v této době nebylo filtrováno a proto tehdejší lidé používaly k jeho konzumaci dutá stébla.

Historicky se za kolébku piva ve světě považuje oblast Mezopotámie, kde Sumerové, Arkádové, Babyloňané a Asyřané pěstovali již v 7. tisíciletí př.n.l. obilí a znali již obilné kvašené nápoje. Indoevropské kmeny, které v době stěhování národů ve 4. až 6. století př.n.l. osídlily evropský kontinent (Galové, Helvétové, Keltové, Bójové).

K nejnáruživějším pijákům piva patřili Germáni. Slovanské kmeny, které sídlily především v Pobaltí, ve střední a jižní Evropě, znaly a v hojné míře připravovaly různé piva z ječmene, ovsa a pšenice.

První doložený technologický postup pochází z Číny a to přibližně 300 let př.n.l. Největším přelomem ve výrobě piva byl přechod od využití tzv. divokých kvasinek k čistým kulturám. Dále pak odstraňování a boj proti chorobám piva a v neposlední řadě i filtrace piva. Za průkopníka požadujeme Luise Pasteura a jeho dílo Studie o pivu z roku 1876. V této publikaci popisuje novodobou technologii výroby piva. Procesy pasterizace byly původně využité pro přípravu piva a později i pro další průmysl. Již několikrát zmíněný dánský mikrobiolog Hansen je mimo jiné proslulý založením sbírky kvasinek pro výrobu piva, která je na Carlsbergské Univerzitě dodnes.

Prvním dochovaným dokladem o pivu v českých zemích je nadační listina prvního českého krále Vratislava II. Z roku 1088, kterou kostelu na Vyšehradě přiděluje desátku chmele na vaření piva. Je více než pravděpodobné, že v Čechách se pivo vařilo již před tímto rokem. Vařením piva se v prvních dobách českého pivovarnictví zabývaly ženy, pivo se vařilo ve světnici a kvasilo v tzv. pivních hrncích v komorách. Domácí pivovárky pak vznikaly i v různých klášterech. Je pochopitelné, že panovníci se snažili výrobu piva využít i ve svůj prospěch a v královským městům, aby posílili jejich moc, udělovali výsadu "právo vaření piva". Právo vařit pivo bylo spojeno s vlastnictvím domu, později pouze uvnitř hradeb. Právovárečné domy měly původně své vlastní pivovárky, později se vlastníci takových domů spojovali a měli společný pivovar ve kterém pivo vařili. To byl zárodek pozdějších právovárečných spolků a měšťanstev.

Šlechtici a rytíři považovali původně výrobu sladu a piva za činnost nedůstojnou pro svůj stav. Když však viděli, že výroba piva je finančně přínosná, přestali ctít čest svých zásad a erbů, začali také na svých statcích a v poddanských vesnicích vařit pivo, aniž jim vadilo, že tím porušují královská práva a výsady. S tím se nechtěli smířit města, došlo k dlouholetým sporům, které trvaly více než 30 let. Až r. 1517, za vlády krále Ludvíka Jagelonského došlo v předvečer svátku sv. Václava k uzavření tzv. Svatováclavské smlouvy, na základě které bylo právo vaření piva přiznáno stavu městskému, šlechtě i rytířům, pouze lid selský toto právo neměl.

Řemeslníci, kteří později vyráběli slad a pivo se sdružovali do cechů, které měly své znaky, praporky a také patrony. Celosvětově se jako patron pivovarníků uvádí Gambrinus, brabantský panovník. To se možná českému cechu sladovníků a pivovarníků nelíbilo a za patrona svého cechu si vybrali sv. Václava (neprokazatelně se traduje, že českým pivovarníkům přiznal sv. Václava jako patrona již král Karel IV). Z těchto dvou událostí vznikla často připomínaná "Svatováclavská tradice" v českém pivovarnictví.

Historicky se odhaduje, že v 16. století bylo v Čechách asi 3 000 pivovárků, městských, klášterních a šlechtických, výroba piva však měla řemeslný charakter. V 18. století pokrokový český sládek F. O. Poupě bojuje za vyšší kvalitu českého piva a kromě jiného je známá jeho zásada: pšenici na koláče, oves pro koně a jen ječmen na pivo.

V průběhu 19. století, na základě využití nových vědeckých a technických objevů, pivovarnictví v Čechách postupně přechází na jinou úroveň - stává se průmyslovým podnikáním. V té době byly v českých zemích založeny desítky nových pivovarů a také mnoho malých pivovárků zaniklo. Vedle jiných vzniká v těch letech i pětice dnes nejnámějších českých pivovarů Plzeňský Prazdroj (1842), Smíchovský Staropramen (1869), pivovar Gambrinus v Plzni (1869), pivovar Velké Popovice (1874) a pivovar Budějovický Budvar (1895) a také známé moravské pivovary Přerov (1872) a Starobrnno (1872). Zprůmyslnění pivovarství bylo provázeno postupnou koncentrací výroby. V polovině 19. století je v Čechách 1 052 pivovarů a jejich počet se dále snižuje na 666 pivovarů v roce 1912, 526 po I. Světové válce a na 260 pivovarů v r. 1946.

Po komunistickém puči v roce 1948 byl celý pivovarský průmysl znárodněn a v podmínkách socialistického řízeného hospodářství se dostal na dlouhou dobu na okraj zájmu vládnoucí moci. Dochází k další násilné koncentraci pivovarského průmyslu. Začátkem 70. let minulého století pak byly v českých zemích postaveny dva nové pivovary. Z nich pivovar Radegast se dnes velice dynamicky rozvíjí a zařadil se mezi největší pivovary.

Zásadní zlom v dalším vývoji pivovarského průmyslu v České republice nastává po roce 1989. V tomto roce bylo v českých zemích v provozu již jen 71 pivovarů, které vyrobily celkem 18,2 mil. hl piva. Místo plošného direktivního řízení se rozvíjí

konkurenční prostředí mezi zprivatizovanými pivovary, které se převážně ustavily buď jako akciové společnosti, nebo s. r. o.

I pivovarský průmysl, který se nemohl před rokem 1989 rozvíjet podle potřeb, neměl k zajištění své obnovy dostatek finančních prostředků. Přesto však postupně došlo ke konsolidaci českého pivovarství. Pivo dnes u nás vaří 38 společností ve 48 průmyslových pivovarech. Dále je u nás 36 restauračních minipivovarů, ze kterých je nejstarší pivovar U Fleků, založený v roce 1499. Všechny ostatní vznikaly po roce 1991. ([www.cspas.cz](http://www.cspas.cz))



Obrázek 2: Výroba dřevěných sudů (zdroj: [www.pivni-tacky.cz](http://www.pivni-tacky.cz))

## 2.2 Základní suroviny k výrobě piva

### 2.2.1 Sladovnický ječmen

Ječmen (rod *Hordeum*) patří do říše rostlin, oddělení semenných (Spermatophyta), pododdělení krytosemenných (Angiospermae), třídy jednoděložných (Monocotyledonae), čeledi lipnicovité (Poaceae). Podle způsobu růstu se ječmeny dělí na divoce rostoucí plané ječmeny, z nichž je u nás nejrozšířenější ječmen myší, a ječmeny seté. Kulturní ječmeny se pak ještě dělí na ječmeny dvouřadé a víceřadé. Dvouřadé ječmeny se dělí do tří skupin: na ječmeny nící, ječmeny vzpřímené a ječmeny paví. Hlavní skupinu sladovnických ječmenů tvoří ječmeny nící (*Hordeum distichum*,

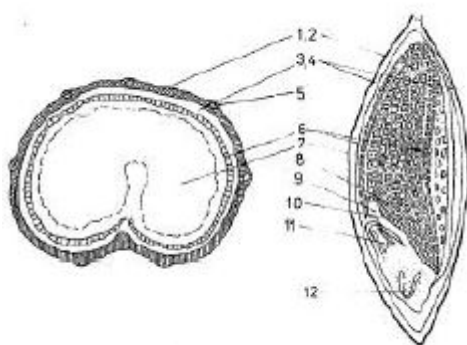


var. nutans). Zrna takovýchto ječmenů jsou přirostlá ke klasovému větenu, takže osiny jsou souběžné. Klas během zrání háčkuje, na rozdíl od ječmene vzpřímeného.

Pro účely sladařského průmyslu se využívá ječné zrn (obilka), které se skládá z obalových částí (pluch a plušek), zárodku (klíčku, embrya), z něhož při klíčení vycházejí podněty k aktivaci enzymů v celém zrně, a z endospermu, který zaujímá největší část obilky (viz *Obrázek 3: Příčný a podélný řez zrnem ječmene*). Ječné zrn je hlavním zdrojem zásobních sacharidů, bílkovin a dalších složek, nutných při vytváření charakteristických vlastností sladu. U sladovnického ječmene se posuzují nejen pěstelské vlastnosti, tedy výnos, odolnost, náročnost, ale zejména sladařské vlastnosti, tj. chemické složení a vhodnost pro výrobu sladu. Tyto vlastnosti se rozdělují na fyziologické, mechanické a fyzikálně-chemické.

Z fyziologických znaků je důležitá klíčivost a klíčivá energie, které udávají procentuální podíl zrn schopných vyklíčit za stanovených podmínek během 3 až 5 dnů.

Z mechanických znaků jsou nejdůležitější objemová hmotnost 1 hl, absolutní hmotnost 1000 zrn, podíl zrn nad sítím 2,5 mm a především odrůdová čistota a homogenita dodávaných partií. Důležitý je i co nejnížší podíl cizích a biologicky poškozených zrn, plesnivých zrn či zrn se zahnědlými špičkami, která mohou být původcem samovolného přepěňování piva (tzv. gushing).



**Obrázek 3: Příčný a podélný řez zrnem ječmene**

**Obaly:** 1–hřbetní plucha, 2–břišní plucha, 3–oplodí, 4–osemení, 5–nervové svazky

**Endosperm:** 6–aleuronové buňky, 7–škrobové buňky, 8–prázdné buňky

**Zárodek:** 9–štítek, 10–sací epitel, 11–pochva štítková (scutela), 12–pochva kořínková (coleorhysa)

Při chemickém rozboru se sleduje především obsah vody, škrobu, celkových extraktivních látek a bílkovin. Kvalitní odrůdy sladovnických ječmenů obsahují 62 až 65 % škrobu v sušině. **Ječný škrob** obsahuje větší podíl rozvětveného **amylopektinu** (~80 %) s 1,4 a 1,6-glukosidickými vazbami, než lineární **amylosy** (~20 %) s pouze 1,4-glukosidickými vazbami. Kromě amylosy a amylopektinu obsahuje ječný škrob asi 3 % příměsí tvořených dusíkatými a minerálními složkami. Ječný škrob je v endospermu zrna lokalizován ve škrobových zrnkách (granulích) typického tvaru. Každé zrnko je obaleno mikroskopickými vrstvami bílkovin, **lipoproteinů** a **lipidů**.

Okolo 10% hmotnosti ječného zrna tvoří neškrobové polysacharidy, hlavně **celulosa**, **hemicelulosa**, **pentosany** a **lignin**. Celulosa tvoří hlavní stavební složku obalových pluch, hemicelulosa se podílí na stavbě a pevnosti buněčných stěn. Nízkomolekulární sacharidy představované hlavně maltosou, sacharosou, rafinosou, glukosou a fruktosou jsou přítomny jen v nepatrném množství.

**Bílkoviny**, jejichž obsah má být v optimálním rozsahu 10,5 až 11,5 %, jsou obsaženy ve formě rozdílně rozpustných frakcí albuminů, globulinů, hordeinů, glutelinů a jejich štěpů. Nebílkovinné dusíkaté složky představované dusíkatými bázemi, fosfatidy a amidy tvoří jen nepatrný podíl a jsou přítomné převážně v klíčku.

Z technologického hlediska dalšího zpracování jsou důležitými složkami ječmene enzymy, přítomné jak v latentní, tak v aktivní formě. Převažují zde hydrolytické enzymy (amylolytické, proteolytické, cytolytické enzymy a fosfatasy). Dusíkaté složky ječného zrna výrazně ovlivňují technologii jeho zpracování na slad i pivovarskou technologii a kvalitu vyrobeného piva. Z ostatních složek obsahuje ječmen peptidy, volné aminokyseliny, polyfenolové látky, řadu vitamínů a minerální látky, z nichž jsou velmi důležité fosforečnany.

Ze sladařsko-pivovarského hlediska jsou nejdůležitějšími složkami ječmene a následně i sladu sacharidy, zejména ty, které přejdou do rozpustné a zkvasitelné formy, dusíkaté látky s enzymy, polyfenolové a minerální látky.

Ječmen ihned po sklizni není schopen klíčit a po dobu několika týdnů posklizňově fyziologicky dozrává (**dormancie ječmene**), dále je po této době i tzv. citlivý na vodu, někdy se této vlastnosti říká II. dormancie. Během této doby dochází oxidačními procesy v zrně k odbourání přítomných inhibitorů klíčení a současně dochází k aktivaci

stimulátorů klíčení. Důležitý je proto přístup kyslíku ke skladovanému zrně, které se z tohoto důvodu musí pravidelně provětrávat. U nás pěstované odrůdy sladovnických ječmenů mají vesměs krátkou dobu posklizňového dozrávání (4 až 5 týdnů). Po tuto dobu se nechává ječmen na ječmenové půdě (viz *Obrázek 4: Ječmenová půda*). Ječmeny s dlouhou dobou posklizňového dozrávání mají většinou nízký obsah enzymů a poskytují méně kvalitní slady. (*Basařová G. a kol., 1985*)



**Obrázek 4: Ječmenová půda**

### 2.2.2 Chmel

Chmel (viz *Obrázek 5: Chmel*), jako jedna ze tří základních pivovarských surovin je představován usušenými chmelovými hlávkami (viz *Obrázek 6: Chmelová hlávka*) samičích rostlin chmele evropského (*Humulus lupulus* var. *europaeus*). Poskytuje pivu typickou hořkou chuť, přispívá k tvorbě charakteristického aróma a má další technologicky důležité vlastnosti. V České republice se pěstuje chmel na vysoké úrovni a asi třetina z celkové produkce se vyváží do celého světa. Velký podíl chmele se dále zpracovává na chmelové výrobky.

Chmele pěstované v žatecké oblasti patří mezi vysoce kvalitní jemné, aromatické odrůdy chmele evropského otáčivého. Po sčesání chmele, které se v posledních letech provádí převážně mechanicky, se chmelové hlávky suší při nižších teplotách a lisují do balotů a žoků. Pivovarsky cenné látky chmele podléhají snadno chemickým změnám při skladování a transportu, proto se v posledních desetiletích většina hlávkového chmele

zpracovává na různé chmelové výrobky. Chmelové hlávky, které se sklízí pro pivovarské účely, se skládají ze stopky, věténka, pravých a krycích listenů a při oplození obsahují navíc semeno neboli pecku. Na vnitřní straně listenů se při zrání chmele vylučují pryskyřičná zrnka lupulinu obsahující chmelové pryskyřice a silice.



Obrázek 5: Chmel



Obrázek 6: Chmelová hlávka

Pěstování chmele v České republice je státně kontrolováno a řízeno. Jsou povoleny tři pěstitelské oblasti - Žatecko a Ústecko v Čechách a Tršicko u Olomouce na Moravě. Z pivovarského hlediska se odrůdy chmele dělí na jemné čili aromatické (obsah alfa-hořkých kyselin do 4,5%), představované především žateckými odrůdami, s příjemným chmelovým aróma, na aromatické chmele s obsahem nad 4,5% alfahořkých kyselin a na vysokoobsažné čili hořké odrůdy s vysokým obsahem pryskyřic, ale zpravidla s hrubým aróma.

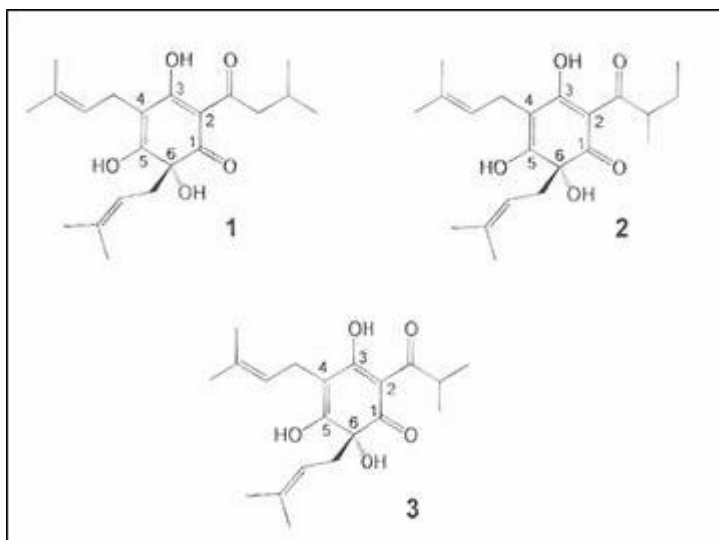
Chmel je rostlina náročná na světlo, vláhu a teplotu i na půdní podmínky a výživu. Obsah vody v chmelových hlávkách po sklizni bývá 72 až 82 % a sušením se musí snížit až na 8 %. Po odsušení se třídí, lisuje do žoků a odesílá buď k dalšímu zpracování nebo přímo do pivovarů.

**Chemické složení** chmele je závislé na odrůdě, provenienci, ročníku a způsobu posklizňové úpravy. Průměrně obsahuje zhruba 10 % vody, 15 % celkových pryskyřic,

4 % polyfenolových látek, 0,5 % silic, 3 % vosků, lipidů, 15 % dusíkatých látek, 44 % sacharidických složek a 8 % minerálních látek.

Pro kvalitu chmele je rozhodující obsah pivovarsky cenných složek, zejména **pryskyřic**, **polyfenolů** a **silic**. Současně je nutný nízký obsah cizorodých látek pocházejících z ochranných postřiků a dusičnanů jako přirozené složky. **Chmelové pryskyřice** jsou původcem hořké chuti piva. **Chmelové polyfenoly** se uplatňují v průběhu technologie při srážení vysokomolekulárních bílkovin.

Chmelové pryskyřice jsou tvořeny řadou chemicky podobných látek, z nichž je nejúčinnější skupina alfa-hořkých kyselin, skládající se převážně z humulonů, kohumulonů a adhumulonů (viz *Obrázek 7: Příklady látek přítomných v chmelu evropském*). Méně účinné jsou ostatní složky pryskyřic, jako beta-hořké kyseliny (lupulon, kolupulon, adlupulon), nespecifické měkké pryskyřice (humulinony, luputriony) a tvrdé pryskyřice (humulinové a hulupinové kyseliny).

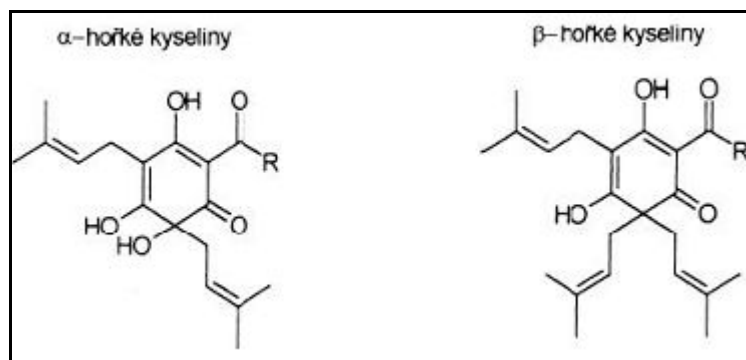


**Obrázek 7: Příklady látek přítomných v chmelu evropském**

1 – humulon    2 – adhumulon,    3 – kohumulon

Alfa-hořké kyseliny snadno oxidují a mění se v nespecifické měkké pryskyřice až tvrdé pryskyřice, které mají podstatně nižší pivovarskou hodnotu. Proto se musí chmel skladovat v chladu a temnu za omezeného přístupu kyslíku. Polyfenoly neboli trísloviny mají důležité technologické vlastnosti. Důležitý je jejich srážecí účinek na vysoko a

středně molekulární bílkoviny při chmelovaru, a přispívají též k plnosti a říznosti chuti piva. **Chmelové silice** sice z větší části při výrobě piva vytékají při chmelovaru, ale přesto část, která zůstane v mladině a přejde až do hotového piva, vytváří jeho aróma. (Basařová G. a kol., 1985)



Obrázek 8: alfa – hořké kyseliny, beta – hořké kyseliny

### 2.2.3 Voda

Kvalita vody způsobuje i kvalitu piva. Je nutno podotknout, že ačkoliv můžeme mít stejný postup výroby, stejné kultury kvasinek, nikdy neuvaříme stejné pivo s jiným zdrojem vody.

Voda je ve sladařském a pivovarském průmyslu důležitou surovinou, neboť přímo ovlivňuje kvalitu piva a má i jinak široké uplatnění a spotřebuje se jí celkově velké množství. Podle technologického postupu a vyspělosti technického zařízení se spotřebuje na výrobu 1 tuny sladu 10 až 15 hl vody a na 1 hl vystaveného piva se spotřebuje 12 až 15 hl vody. Jako provozní voda je jednou z hlavních surovin pro výrobu piva a nazývá se varní voda. Její podíl z celkové spotřeby je však poměrně malý, neboť hlavní část se spotřebuje ve sladovnách k máčení ječmene a v pivovarech k mytí a čištění, hlavně ve spilce, sklepech a stáčírnicích, a dále k chlazení a v kotelnách.

Všechny přirozené vody jsou více méně zředěnými roztoky pevných látek a plynů a povrchové vody navíc obsahují suspendované látky. K nejdůležitějším rozpuštěným látkám patří vápenaté a hořečnaté soli, které vytvářejí tvrdost vody, což je důležité kritérium posuzování kvality vody pro pivovarské účely.

Rozlišuje se tvrdost stálá čili nekarbonátová a tvrdost přechodná čili karbonátová. Tvrdost stálá je tvořena vápenatými a hořečnatými solemi, které jsou stálé (sírany, chloridy, křemičitany aj.), kdežto tvrdost přechodná je tvořena hydrogenuhlčitany, které se varem úplně či částečně rozkládají (odtud název přechodná tvrdost). Z pivovarského hlediska je důležité, že některé ionty svými reakcemi s fosforečnany sladu způsobují snížení pH, čili zvyšují kyselost rmutů, sladiny a mladiny. Takto působí především ionty vápníku a částečně i hořčíku pozitivně na činnost enzymů při rmutování. Na druhé straně hydrogenuhlčitanové a uhličitanové ionty působí opačně, zvyšují pH, tudíž snižují kyselost a působí negativně na varní proces. Pro výrobu světlých piv je vhodná měkká voda s menším podílem hořčíku a přechodné tvrdosti.

Varní voda nemá zásadně obsahovat alkalické uhličitanové, chlór a příliš železa, manganu a dusičnanů. Musí splňovat normu pro pitnou vodu.

*(Basařová G. a kol., 1985)*

## **2.3 Výroba piva**

Výrobu piva můžeme rozdělit do 2 fází

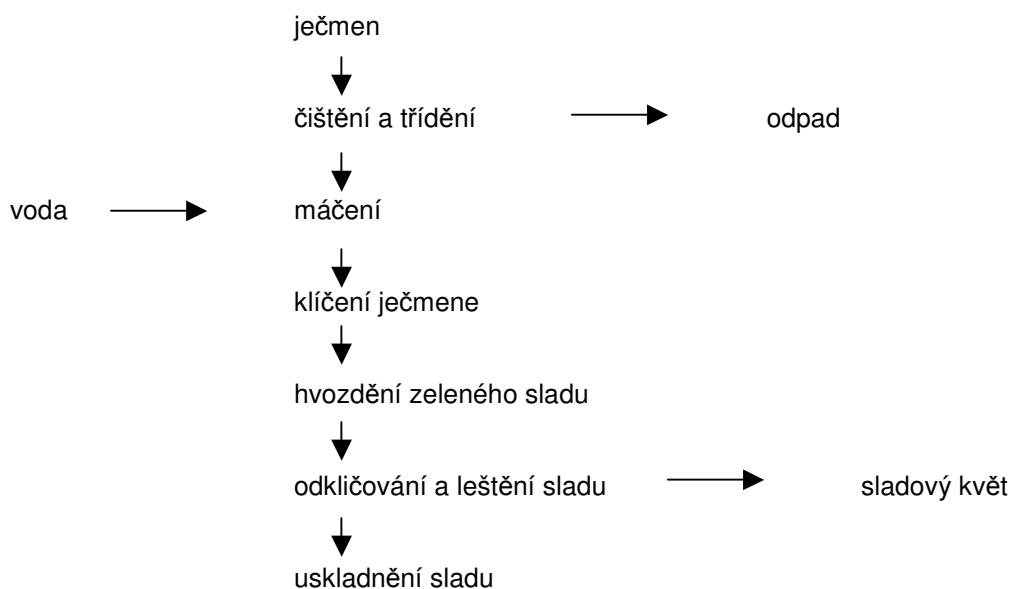
- výroba sladu
- výroba piva

### **2.3.1 Výroba sladu**

Technologický postup výroby sladu má tyto etapy

- čištění a třídění ječmene
- máčení
- klíčení
- hvozdění
- odkličování a drcení

## SCHÉMA VÝROBY SLADU



## 2.3.1.1 Čištění a třídění ječmene

Sladovnický ječmen je při dodání třeba zvážít, zbavit nežádoucích příměsí a roztřídit podle velikosti zrna. Třídění zrna podle velikosti zrn probíhá na soustavě sít. Jen za těchto podmínek lze vyrobit dobře rozluštěné slady a zaručit nízké sladovací ztráty.

Skladovaný ječmen představuje živý organismus, jehož životní projevy jsou utlumeny, nikoliv však zastaveny. energii potřebnou pro životní projevy získává zrna odbouráváním rezervních polysacharidů, hlavně škrobu. Podle okamžitých podmínek získává energii buď aerobním dýcháním v přítomnosti kyslíku, nebo anaerobním kvašením v nepřítomnosti kyslíku. Při skladování se čerstvě sklizený a vytříděný ječmen nachází ve stadiu základního klidu, tzv. dormance, a není schopen vyklíčit. Špatná klíčivost čerstvě sklizeného ječmene je způsobena přítomností inhibitorů klíčení tzv. dorminů. Teprve po jejich odbourání oxidací dormance zaniká, uvolňuje se činnost stimulatorů (giberelinů) a zrna se stává schopným klíčit. Vyčištěný a vytříděný ječmen se skladuje ve starších sladovnách na půdách, nebo dnes již většinou v silech.



### 2.3.1.2 Máčení

Ječmen se namáčí v namáčecích náduvnících, kdy dochází k dodání vody potřebné ke klíčení. Tento proces trvá dva dny.

Cílem máčení je zvýšení obsahu vody v ječném zrně z 12-15% na 42%-48%. Řízeným způsobem se zvýší obsah vody v zrně pro zahájení enzymatických reakcí a pro klíčení zrna. Při únosné spotřebě vody se odstraní splavky a lehké nečistoty. Voda umyje zrna a ze zrna se vyloučí nežádoucí látky. Máčení dnes považujeme za nejdůležitější úsek výroby sladu, který rozhoduje o jeho budoucí kvalitě. Dosažený obsah vody se nazývá **stupeň domočení** a liší se podle typu vyráběného sladu. Technologicky velmi významným efektem je vyprání ječmene, neboť se z ječmene vyloučí barevné a hořké látky, kyselina křemičitá a bílkoviny z pluch. Tyto látky jsou nežádoucí, neboť zhoršují senzorické vlastnosti piva a podporují tvorbu zákalu v pivu. V dobře uskladněném ječmeni je činnost enzymů, důležitých při sladování, výrazně utlumena, některé skupiny enzymů jsou syntetizovány později.

Zvýšení obsahu vody v zrně vede k zahájení projevů života – ke klíčení. Podmínkou pro správný průběh klíčení je dostatek vody a vzduchu u namáčeného ječmene. Máčení ječmene probíhá v náduvnících se spádovým kónusem dna 45°, aby ječmen mohl samovolně vytékat ven. Nad namáčecím náduvníkem je zabudován zásobní koš, do něhož je připraven vytříděný a odvážený ječmen k namočení. Namáčecí náduvník se naplní asi do jedné poloviny vodou, ječmen ze zásobního koše se spustí do náduvníku. Současně přitéká namáčecí voda a jsou v činnosti protiprachové trysky nad náduvníkem. Je-li náduvník vybaven větráním tlakovým vzduchem, náduvník se nejprve dokonale převrství vodou, poté následuje sběr splavků za současného přeplavování.

Rychlost příjmu vody zrnem ovlivňuje řada faktorů, z nichž nejvýznamnější jsou: teplota vody, velikost zrna, struktura zrna a provětrávání ječmene. V současnosti užívaný postup **vzdušného máčení** má tyto parametry:

1. **namočení** – na 30 % obsahu vody, tj. 2 – 6 h pod vodou v závislosti na teplotě vody a stavu zrna (ročníku), následuje vzdušná přestávka 14 – 20 h, v závislosti na

citlivosti ječmene na vodu. Po sklizni volíme přestávku delší, později kratší, v níž se již v druhé polovině odsává oxid uhličitý.

**2. namočení** – na 38 – 40 % obsahu vody, tj. 6 – 10 h pod vodou, obvykle dle provozních možností a podmínek. Následující vzdušná přestávka je nezbytná k obeschnutí ječmene. Během ní se v závislosti na teplotě v náduvníku a v máčírně odsává oxid uhličitý.

**3. namočení** – na 42 – 44 % obsahu vody, tj. 4 – 6 h pod vodou, po spuštění vody a 2 – 4 h okapávání ječmene se ječmen za sucha vymáčí nebo se s třetí vodou přímo vymáčí do pneumatických klíčidel.

Celkové ztráty při máčení by neměly překročit 3 % z hmotnosti namáčeného ječmene. Podílí se na nich prach a nečistoty (asi 0,1 %), vyloužení pluch (asi 0,8 %), splavky (0,1 až 1,0 %), dýchání ječmene během máčení (0,5 až 1,5 %) podle délky a postupu máčení.

### 2.3.1.3 Klíčení

Sladařské klíčení ječmene je aktivace, tvorba enzymů a dosažení požadovaného stupně rozluštění při omezení ztrát vegetací. Klíčení je fyziologický proces, při kterém se v zárodečné části zrna vyvíjejí zárodky kořínků a listů za využití zásobních látek z endospermu. Klíčení sladovnického ječmene klasickým způsobem se provádí na humnech (viz *Obrázek 9: Sladovna*), což jsou hladké podlahy v prostorných místnostech s účinným větráním. Klíčení probíhá na hromadách ve vrstvě asi 80 cm, při teplotě cca 14 °C, po dobu 5-7 dní. Během klíčení jsou hromady dvakrát denně obraceny, tím je dodáno dostatečné množství vzduchu pro klíčení a zabráňuje se tak srůstání klíčících obilek. Výsledným produktem klíčení je tzv. zelený slad.

Cílem sladařského klíčení je aktivace a syntéza enzymů, a docílení požadovaného rozluštění (vnitřní přeměny) zrna při minimálních nákladech a únosných sladovacích ztrátách. V průběhu klíčení rozlišujeme: tvorbu enzymů a přeměnu látek, růstové změny a projevy růstu. S výjimkou  $\alpha$ -amylasy, která není v ječmeni obsažena, jsou ostatní

enzymy v malém množství již v ječmeni přítomny. Nárůst aktivity, resp. syntéza nových enzymů, je iniciován prostřednictvím činnosti fytohormonů. Tyto hormony se skládají z giberelové kyseliny a dalších příbuzných látek, které putují přes endosperm do aleuronové vrstvy. Zde vznikají nové volné aminokyseliny a nové enzymy. Nejprve vznik  **$\beta$ -glukanasa**, poté  $\alpha$ -amylasa a proteasy. Enzym  $\beta$ -amylasa není tvořen v aleuronu, nýbrž volně v endospermu. Podmínkou pro syntézu nových enzymů a k nárůstu aktivity stávajících enzymů je zajištění dostatečného množství metabolické energie. Ta je získávána oxidačním odbouráváním zásobních látek. Jelikož oba procesy – dýchání i nárůst enzymové aktivity – probíhají současně, je zřejmé, že dostatek kyslíku v průběhu máčení a v počátečním stadiu klíčení vede k výrobě vysoce enzymatických sladů. Amylasy jsou nepochybně nejdůležitějšími enzymy sladu. S pomocí amylas mohou být později odbourány škroby při rmutování.



Obrázek 9: Sladovna

Cílem sladařského klíčení je aktivace a syntéza enzymů, a docílení požadovaného rozluštění (vnitřní přeměny) zrna při minimálních nákladech a únosných sladovacích ztrátách. V průběhu klíčení rozlišujeme: tvorbu enzymů a přeměnu látek, růstové změny a projevy růstu. S výjimkou  $\alpha$ -amylasy, která není v ječmeni obsažena, jsou ostatní enzymy v malém množství již v ječmeni přítomny. Nárůst aktivity, resp. syntéza nových enzymů, je iniciován prostřednictvím činnosti fytohormonů. Tyto hormony se skládají z giberelové kyseliny a dalších příbuzných látek, které putují přes endosperm do aleuronové vrstvy. Zde vznikají nové volné aminokyseliny a nové enzymy. Nejprve

vznik  **$\beta$ -glukanasa**, poté  $\alpha$ -amylasa a proteasy. Enzym  $\beta$ -amylasa není tvořen v aleuronu, nýbrž volně v endospermu. Podmínkou pro syntézu nových enzymů a k nárůstu aktivity stávajících enzymů je zajištění dostatečného množství metabolické energie. Ta je získávána oxidačním odbouráváním zásobních látek. Jelikož oba procesy – dýchání i nárůst enzymové aktivity – probíhají současně, je zřejmé, že dostatek kyslíku v průběhu máčení a v počátečním stadiu klíčení vede k výrobě vysoce enzymatických sladů. Amylasy jsou nepochybně nejdůležitějšími enzymy sladu. S pomocí amylas mohou být později odbourány škroby při rmutování.

$\alpha$ -Amylase není v ječmeni přítomna. Největší množství tohoto enzymu se tvoří od druhého do čtvrtého dne klíčení. Pro výrobu velmi enzymaticky bohatých sladů, např. pro zpracování velkých množství škrobu v lihovarech, se proto nechává slad velmi dlouho klíčit, přičemž obsah  $\alpha$ -amylasy se nadále zvyšuje.

$\beta$ -Amylase je přítomna v malém množství již v ječném zrně. Po přechodné malé ztrátě v prvním dni klíčení se její množství od druhého a třetího dne dále zvyšuje. Tvorba  $\beta$ -amylasy je bezprostředně spojena s dýcháním v prvním dni klíčení. Proto je pro její tvorbu důležité dostatečné provětrávání již v první fázi klíčení.

Množství amylas vzniklých při klíčení je závislé na mnoha faktorech:

- Obsah amylas je odrůdovou závislostí a je rovněž ovlivněn klimatickými podmínkami ročníku.
- Vyšší obsah vody v zeleném sladu zvyšuje množství amylas.
- Studené vedení klíčení dává vždy vyšší hodnoty amylas.
- Vyšší teploty při máčení a klíčení jsou příznivé pro činnost enzymů, ale celkové vzniklé množství enzymů je menší.

Během klíčení neprobíhá jen tvorba a zvýšení obsahu enzymů, nýbrž i to, že nízkomolekulární produkty štěpení jsou za součinnosti enzymů v omezeném množství spotřebovány pro výživu zárodku a pro výstavbu nových buněk – kořínků a klíčku. Tyto látky jsou ovšem pro sladaře nevratně ztraceny. Uměním sladaře je, že dokáže proces

dýchání, vnitřní přeměnu zrna a současně výstavbu nových buněk řídit v požadovaných mezích. Z látkových přeměn zajímají sladaře zvláště procesy, které se označují celkově jako „rozluštění“ (rozštěpení vysokomolekulárních látek na jejich štěpné produkty). Jedná se především o rozrušení buněčných stěn a následně o rozštěpení škrobových zrn a bílkovinných řetězců. Buněčné stěny endospermu se skládají převážně z kostry tvořené molekulami hemicelulos a bílkovin. Během klíčení jsou buněčné stěny odbourány (rozrušeny) činností enzymů patřících do komplexu cytas. Tím je umožněno proniknutí dalších specifických enzymů a jejich činnost ve vnitřní části buněk endospermu. Ke komplexu cytas, tzv. cytolytických enzymů (enzymů štěpících buněčné stěny), patří např. hemicelulasy a  $\beta$ -glukanasy.

Hemicelulosity, které jsou součástí kostry buněčných stěn, jsou tvořeny vysokomolekulárními molekulami neškrobových polysacharidů –  $\beta$ -glukanů. Vzhledem k tomu, že  $\beta$ -glukany výrazně zvyšují viskozitu roztoků, je při výrobě sladu velmi důležité jejich rozštěpení. Jinak mohou nastat potíže při stékání sladiny a filtraci piva.

Čerstvě sklizený ječmen nikdy neposkytne dobře rozluštěný slad. V ječmeni musí proběhnout posklizňové dozrávání, které u našich ječmenů trvá při standardních podmínkách během vegetace při sklizni 6 až 8 týdnů. V případě nepříznivých podmínek během sklizně je posklizňové dozrávání delší.

Neméně důležité je i chemické složení ječmene. Ječmeny s vyšším až vysokým obsahem dusíkatých látek se obtížněji luští – ve sladařské terminologii říkáme, že ječmeny jsou tvrdší. Je-li zvýšený obsah bílkovin v zrně způsoben suchým počasím v závěru vegetace, a tím vynuceným dozráním ječmene, je takové zrnو obvykle sklovité, těžko přijímá vodu a obtížně se luští. Je-li vyšší obsah bílkovin důsledkem nadměrné dusíkaté výživy, ječmen není sklovitý, ale vyrobený slad má nízký extrakt a jeho výrobní náklady jsou vyšší. Proto je obsah bílkovin základním požadavkem technologické kvality ječmene. Vymočený ječmen má většinou nižší obsah vody (stupeň domočení), než který je potřebný pro průběh klíčení a k obvykle požadovanému rozluštění zrna.

### 2.3.1.4 Hvozdění

Cílem hvozdění je snížení obsahu vody ve sladu pod 4%, zastavení vegetačních pochodů při zachování požadované enzymové aktivity a vytvoření chuťových, barevných a oxidoredukčních látek, tvořících charakter sladu. Dosahuje se toho nejprve řízeným šetrným způsobem sušení v nadbytku vzduchu při teplotách 20 – 60 °C a v další fázi hvozděním ve slabém proudu horkého vzduchu při teplotách 60 – 80 °C u světlého a 60 – 105 °C u tmavého sladu. Tím se hvozdění liší od normálního sušení, které by jinak bylo dosažitelné rychleji a levněji, ale získaný slad a z něj vyrobené pivo by postrádaly požadované vlastnosti. Zelený slad má vysoký obsah vody a není na rozdíl od hotového sladu skladovatelný.

Při sušení a hvozdění se rozeznávají z hlediska chemických a biochemických změn tři fáze:

**Růstová fáze** – obsah vody nad 20%, teplota do 40 °C, zrno je schopné dále klíčit (růst kořínků a stříšky)

**Enzymová fáze** – obsah vody poklesl pod 20%, teploty mezi 40 až 60 °C, zastavení vegetačních procesů, ale pokračují enzymové reakce

**Chemická fáze** – obsah vody pod 10%, teploty nad 60 °C, zastaveny enzymové reakce, probíhají chemické reakce vedoucí k tvorbě barevných a chuťových látek.

Z hlediska biochemického je velmi důležitá **změna enzymových aktivit během hvozdění**. Ztráta aktivity enzymů je tím větší, čím více zrno obsahuje vody při vysokých teplotách v důsledku nesprávného průběhu hvozdění. Aktivita endopeptidas se zvyšuje do 50 °C a v zásadě se neničí ani během dotahování. Aktivita exopeptidas nejprve výrazně vzrůstá, ale v hotovém sladu je přibližně stejná jako v zeleném sladu. Endo- $\beta$ -glukanasy a lipasy jsou během hvozdění méně poškozovány, naopak fosfatasy se ničí až z 50 %. Polyfenoloxidas a peroxidasy jsou výrazně inaktivovány při teplotách nad 80 °C. Dusíkaté látky jsou procesem hvozdění značně ovlivněny. Mění se – zejména u výšemolekulárních – jejich disperzita, nastává koagulace určitých frakcí, což má vliv na chuť, pěnivost a koloidní stabilitu piva. Důležité jsou změny enzymů

odbourávajících škrob: obsah  $\alpha$ -amylasy se během předsoušení zvyšuje až o 30 %, ale při dotahování klesá na původní hodnotu v zeleném sladu.  $\beta$ -amylasa je na teplotu citlivější a její obsah v hotovém sladu odpovídá pouze 40 až 50 % obsahu v zeleném sladu.

K nejdůležitějším reakcím při hvozdní patří **tvorba chuťových (aromatických) a barevných (oxidoredukčních) látek**. Tyto látky tvoří charakter sladu, jeho vůni, chuť, barvu a oxidoredukční schopnosti. Prvně jmenované látky vznikají při vyšších teplotách interakcemi štěpných produktů sacharidů a bílkovin, zejména monosacharidů a aminokyselin. Řada chemických reakcí, zvaných Maillardovy reakce, vede od výchozích hexos a aminokyselin přes několik meziproductů nejprve k reduktonům a dále až k tvorbě melanoidinů. Bezduškaté barevné aromatické látky vznikají při hvozdní karamelizací sacharidických složek při termickém štěpení cukrů, enzymovou oxidací za vzniku melaninů a neenzymatickým hnědnutím (komplexy polyfenolů a železa). Pro dostatečnou tvorbu těchto látek je nezbytným předpokladem hluboké rozštěpení polysacharidů a bílkovin během klíčení ječmene. Melanoidiny, reduktony, melaniny, karamelizační produkty i ostatní barevné a aromatické látky mají koloidní charakter a chrání složky koloidních roztoků vůči změnám disperzity. Dále mají tyto látky oxidoredukční vlastnosti, čímž zlepšují koloidní stabilitu a nakonec svým zabarvením vytvářejí typickou barvu sladu a z něho vyrobeného piva.

Zařízení, v němž se suší a hvozdí zelený slad, se nazývá hvozď. Světlý slad (plzeňského typu) se dříve hvozdl na dvoulískových hvozdech systémem 2x12 hodin. Zelený slad se nastřel na horní lísku ve vrstvě 15-40 cm, kde probíhalo sušení ve dvou fázích. V první fázi se snížil obsah vody na 30% vzduchem o teplotě 35-40 °C. Ve druhé fázi se za dalších 6 hodin snížila vláhá z 30 na 10% vzduchem o teplotě 50 až 60 °C a slad se spustil na dolní lísku. Na spodní lísce se teplota zpočátku udržovala na 55-60 °C, pak se zvýšila na 70 °C a nakonec se 3 až 4 hodiny dotahovalo při teplotě 80-85 °C. Odhvozdný slad se sklápí do košů a dopravuje k odkličovače, kde se zbavuje kořínků (sladový květ). Pro vysoký obsah biologicky aktivních látek je sladový květ vyhledávanou surovinou ve fermentačních technologiích a používá se jako vysoce ceněné krmivo.

Hodnocení jakosti sladu se provádí na základě mechanického a fyzikálně-chemického rozboru. **Mechanický rozbor** zahrnuje posuzování barvy, tvaru, a velikosti

zrna, vůně a chuti zrna, napadení mikrobiální kontramínací a přítomnost nečistot, dále objektivními metodami měřitelné znaky, jako podíl moučnatých a sklovitých zrn, křehkost zrn, vývin stříelky uvnitř zrna, absolutní a hektolitrovou hmotnost. **Fyzikálně-chemický rozbor** sladu zahrnuje obsah vody, extraktivnost sladu, vůni a barvu sladiny a dále speciální rozbor, jako jsou diastatická mohutnost, popisující aktivitu amylolytických enzymů, Hartongovo číslo, popisující celkovou enzymatickou aktivitu sladu, rozdíl v extraktivnosti moučky a šrotu, Kolbachovo číslo, jako kritérium rozluštění sladu, případně další analýzy podle požadavků odběratele, zejména při exportu.



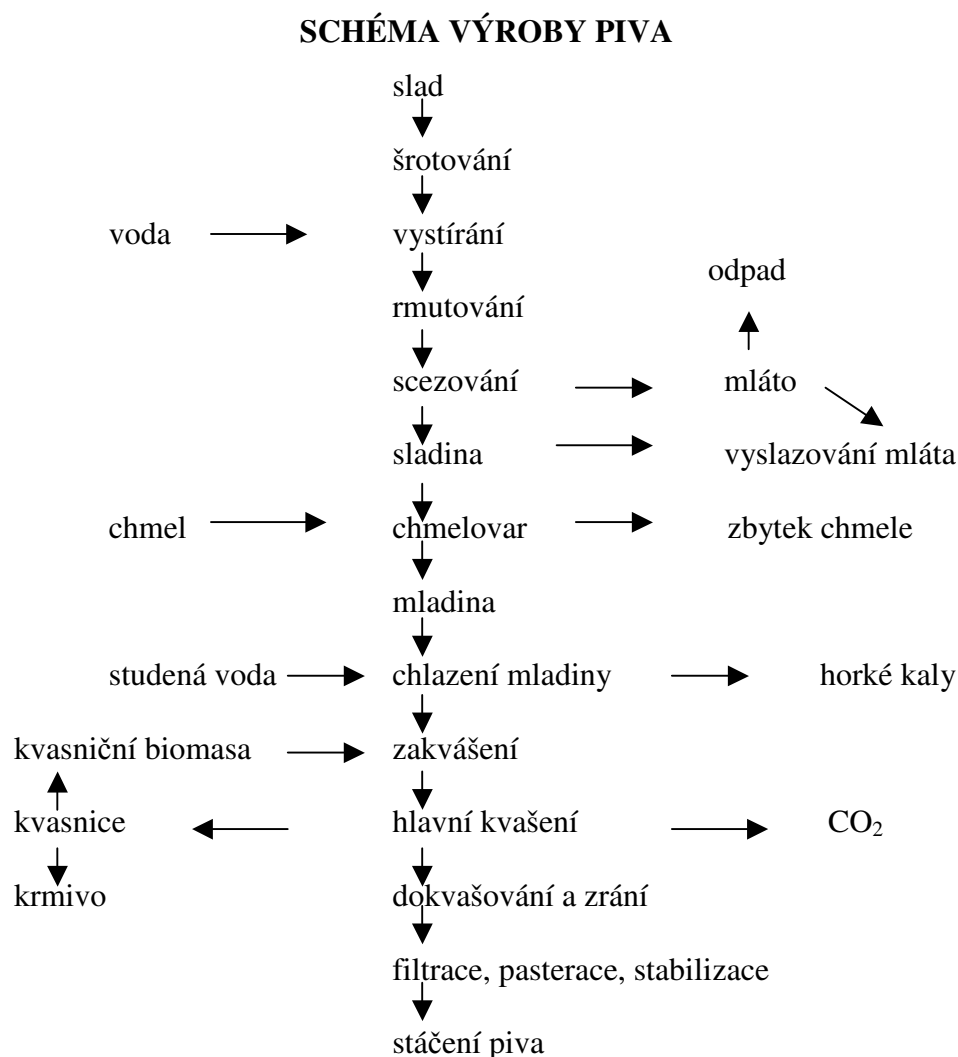
### **2.3.1.5 Odkličování a drcení**

Slad po hvozdní se zbaví sladových klíčků, které jsou pro další zpracování bezcenné. Odklíčený slad se chladí a je dopravován do sil, kde se nechává šest týdnů odležet před vlastním zpracováním.

Cílem sladování je vyrobit řízeným procesem klíčení a hvozdní z ječmene slad, obsahující potřebné enzymy a aromatické i barevné látky nezbytné pro výrobu určeného druhu piva. Principem sladování je vytvoření optimálních podmínek pro klíčení ječmene, přičemž dochází v zrně k aktivaci a tvorbě technologicky důležitých enzymů, především cytolytických, proteolytických a amylolytických, při zamezení ztrát potlačením růstu. Tím vzniká tzv. zelený slad, který se následným hvozdním, při kterém se působením zvýšené teploty vyvolají chemické reakce tvorby aromatických a barevných látek, přemění v hotový slad.

*(Kosař K., 2000)*

### 2.3.2 Výroba piva



#### 2.3.2.1 Výroba mladina

Cílem varního zpracování je převést za pomoci enzymů extraktivní látky sladu do roztoku, získaný extraktivní roztok sladiny oddělit s minimálními ztrátami od nerozpustných zbytků sladového zrna, tj. od mláta, a povařením sladiny s chmelem produkt ohořčit a tepelně stabilizovat. Získaná mladina je po odloučení kalů a ochlazení připravena pro kvasný proces. Výroba mladiny může probíhat dvěma základními postupy. V České republice a Německu je nejrozšířenější vícermutový dekokční postup, zatímco v ostatních zemích je rozšířen jednormutový infuzní způsob.

Výroba mladiny se sestává z následujících technologických úseků:

- šrotování sladu
- vystírání sladového šrotu do vody
- rmutování
- scezování sladiny a vyslazování sladového mláta
- chmelovar a chlazení mladiny

Výroba mladiny probíhá na varně (viz *Obrázek 10: Varna – mladinová pánev (kotel)*). Zařízení varny bývá vyrobeno buď z mědi, nebo z nerezové oceli. Ve sladu obsažené látky, především škrob, je nejprve nutné převést do roztoku, aby je sladové enzymy mohly přeměnit ve směs nízemolekulárních sacharidů, které později kvasinky zkvasí na etanol a oxid uhličitý. Slad se nejprve rozšrotuje, poté se smísí s vodou při tzv. vystírání. Pak následuje rmutování, při němž dochází k mnoha enzymovým reakcím včetně zcukření škrobu. Většina těchto pochodů probíhá při zvýšených teplotách optimálních pro činnost enzymů, které způsobují rozštěpení a převedení extraktu surovin do roztoku, aby se vytvořily podmínky pro výrobu piva žádaného typu. Rozhodující je činnost amylolytických, proteolytických a kyselinotvorných enzymů; druhotné jsou enzymové reakce štěpení gumovitých látek a hemicelulóz a další reakce. Část extraktu surovin přechází do roztoku již při vystírání, hlavní podíl se však získá až při rmutování, kdy se vystírka vyhřívá postupně na teploty optimální pro činnost jednotlivých skupin enzymů, podle nichž jsou teploty nazývány:

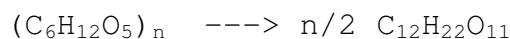
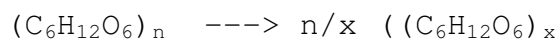
- 35 až 38 °C- kyselinotvorná teplota
- 48 až 52 °C- peptonizační teplota
- 60 až 65 °C- nižší cukrotvorná teplota

- 70 až 75 °C- vyšší cukrotvorná teplota
- 78 °C- odrmutovací teplota



Obrázek 10: Varna – mladinová pánev (kotel)

Nejdůležitější chemickou reakcí při rmutování je štěpení škrobu na nízemolekulární cukry, zejména glukosu, maltosu a dextriny:



Štěpení škrobu má tři fáze - bobtnání a zmazovatění škrobu, ztekucení škrobu a zcukření škrobu. Zahřívá-li se škrobová emulze (nerozpuštěný škrob rozmíchaný ve vodě), dochází nejprve k **bobtnání a mazovatění**. Škrob přechází tímto fyzikálně chemickým dějem do roztoku a mění se v hustou viskózní kapalinu. Zmazovatělý škrob obsahuje vodou nabobtnalé částice, do nichž snadněji vnikají sladové enzymy. Teploty mazovatění u sladového škrobu jsou 50 až 57 °C. V další fázi dochází účinkem sladové  $\alpha$ -amylasy ke **ztekucení** škrobu za vzniku rozpustného amyloextrinu. Optimální teplota ztekucení škrobového mazu ve rmutech je 65 až 75 °C při pH 4,6. Ztekucující  $\alpha$ -amylasa se inaktivuje při 80 °C. V poslední fázi dochází účinkem komplexu více amylolytických enzymů, zejména však  $\alpha$ - a  $\beta$ -amylasy, ke **zcukření** čili úplnému rozštěpení makromolekul škrobu za vzniku různých nižších cukrů a dextrinů. Optimální

teplota zcukřující  $\beta$ -amylasy je 60 až 65 °C při pH 4,5. Při 75 °C se  $\beta$ -amylasa inaktivuje, ale oproti  $\alpha$ -amylase snáší kyslejší prostředí. Prodlužováním nebo zkracováním časových prodlev při optimálních teplotách pro dextrinotvornou  $\alpha$ -amylasu nebo cukrotvornou  $\beta$ -amylasu lze libovolně měnit složení extraktu. Delší časovou prodlevou při 65 °C se získá sladina s vyšším podílem zkvasitelných cukrů (maltosy a glukosy). Vyhřeje-li se rmut naproti tomu rychle na 70 °C a časová prodleva se udržuje až při této teplotě, potlačí se působení  $\beta$ -amylasy a sladina bude bohatá na dextriny. Sladiny s vysokým obsahem zkvasitelných cukrů poskytují piva hlouběji prokvašená s vyšším obsahem alkoholu, kdežto sladiny s více dextriny vedou k nízkoprokvašeným pivům s nižším obsahem alkoholu. Průběh štěpení škrobu se ve rmutech kontroluje jódovou zkouškou. Kromě štěpení škrobu je při rmutování důležité i štěpení vysokomolekulárních bílkovin. Bílkoviny jsou důležité pro pěnivost piva i plnost chuti a jejich štěpné produkty aminokyseliny jsou důležité pro kvašení. Vysoký obsah bílkovin by však vedl k nízké stabilitě a trvanlivosti piva. Štěpení bílkovin způsobené proteolytickými enzymy probíhá intenzivně při teplotách kolem 50 °C (peptonizační teplota). Kyselinotvorné enzymy způsobují štěpení organických sloučenin fosforu za uvolňování kyseliny fosforečné, která spolu s aminokyselinami vzniklými štěpením bílkovin snižuje pH a vytváří potřebnou kyselou reakci rmutů, důležitou pro činnost ostatních enzymů. Zařízení pro výrobu mladiny jsou umístěna obvykle ve varnách.

**Klasické varny** jsou buď jednoduché se dvěma nádobami (kád' pro vystírání a scezování a pánev či kotel pro rmutování a chmelovar), nebo dvojité s dvěma káděmi (vystírací a scezovací – obr.1) a s dvěma pánvemi či kotli (rmutovací a chmelovarová). Moderní vícenádobové varny mají 5 až 8 nádob s různými kombinacemi zdvojení funkčních nádob. Lepší využití prostoru a zejména energie umožňují **moderní blokové** a **spádové varny** s uspořádáním nádob nad sebou.

**Šrotování** je mechanické drcení sladového zrna s cílem dokonalého vymletí endsospermu na vhodný poměr jemných a hrubších částic při zachování celistvosti pluch, neboť ty slouží v pozdější fázi výroby jako filtrační materiál při scezování. Slad i případné náhražky se melou ve šrotovnicích, které jsou opatřeny dvěma, čtyřmi, pěti či šesti válci. Slad se šrotuje buď za sucha, nebo kondicionovaný (zvlhčený parou) či za mokra. Jemnost šrotování přímo ovlivňuje činnost sladových enzymů, neboť čím

jemnější je šrot, tím lepší je přístup enzymů k jednotlivým částem sladu. Na druhé straně příliš jemný šrot způsobuje ucpávání filtračních kanálků ve vrstvě mláta a způsobuje potíže při scezování. Šrotování se dále musí přizpůsobit kvalitě sladu a technickému vybavení varny. Čím méně je slad rozluštěn, tím jemněji se musí šrotovat. Používá-li pivovar **scezovací kád'**, kde je filtračním materiálem asi 40 cm vysoká vrstva mláta, musí se šrotovat hruběji než při používání sladinového filtru, kde vrstva mláta je pouze 6 cm, hlavním filtračním materiálem je plachetka a využívá se přetlaku. Větší poškození pluch snižuje porozitu mláta a negativně ovlivňuje chuť piva. Plucha obsahuje kromě nerozpustné celulosy polyfenoly, pentosany, hořké a barevné látky, jejichž vyluhování vzrůstá s dobou kontaktu a s poškozením pluchy. Jemné rozemletí endospermu je naopak předpokladem pro požadovaný průběh rmutování a vysoký varní výtěžek. Při klíčení postupuje rozluštění působením enzymů od zárodku směrem ke špičce zrna, a tudíž i míra rozluštění se mění podél podélné osy zrna. Nejméně rozluštěná špička zrna tvoří při šrotování hlavní podíl hrubé krupice, a naopak dobře rozluštěné spodní partie endospermu zrna se při průchodu válci snadno rozdrťí na jemnou krupici a mouku. Hrubá krupice se těžko rozpouští a pomalu zcukřuje. Je-li zastoupena ve větším podílu, klesá dosažitelné prokvašení mladiny a vzrůstá obsah nez cukřeného extraktu v mlátě. Zpracování hrubšího šrotu proto vyžaduje intenzivní, delší rmutování. Šrot pro scezovací kád' má tedy mít pokud možno nejlépe vymleté, minimálně poškozené pluchy, nízký podíl hrubé krupice a vysoký podíl jemné krupice. Zastoupení nejjemnější části šrotu – moučky – je třeba přizpůsobit konkrétním podmínkám při scezování, zejména zatížení scezovacího dna a scezovací rychlosti. K problémům může dojít, je-li podíl moučky výrazně vyšší než 12 %. Při snížené propustnosti filtrační vrstvy stoupá vyloužitelný extrakt mláta a při častějším kopání se zvyšuje koncentrace suspendovaných látek ve sladině.

**Vystírání** je smíchání šrotu, popř. šrotu sladových náhražek, s vodou. Množství sladu a náhražek použité pro jednu várku se nazývá sypání. Objem vody použité k vystírce se nazývá nálev a určuje se podle sypání a typu vyráběného piva. U dobře rozluštěných sladů se vystírá při teplotách 35 až 38 °C. Někdy se provádí zápařka, což je vyhřátí části vystírací vody k varu, po skončeném vystírání se přičerpáním této horké vody zvýší teplota vystírky na peptonizační teplotu.

**Rmutování** slouží k přípravě sladiny s požadovanou extraktivou skladbou. Dosahuje se toho postupným vyhříváním části vystírky postupně na jednotlivé rmutovací teploty, optimální pro činnost různých skupin enzymů, až se dosáhne dokonalého zcukření škrobu. U dekokčního rmutování se nakonec rmuty považují, u infúzního způsobu je nejvyšší odrmutovací teplota. Rozlišují se postupy jednormutové, dvourmutové a třírmutové. Objem dílčích rmutů se volí tak, aby po přečerpání k zbytku vystírky stoupla teplota na požadovanou teplotu. Naše pivovary používají převážně dvourmutové postupy, výjimečně třírmutový nebo jednormutový postup. Zvláštní postup vyžaduje zpracování škrobnatých náhražek. Při zpracování více než 15 % podílu škrobnatých náhražek zpravidla nestačí sladové enzymy a musí se použít enzymové preparáty.

**Scezování** je operace prováděná za účelem oddělení roztoku extraktu, tj. sladiny, od pevného podílu zcukření rmutu, tj. mláta. Scezování se provádí ve scezovací kádi vybavené dvojitém děrovaným dnem a systémem odvodných trubek spojených s kohouty scezovací baterie. Při scezování ve scezovací kádi se sladina odděluje od mláta přirozenou filtrací přes vrstvu sedimentovaných pluch a ostatních nerozpustných zbytků sladu. Zfiltrovaný roztok extraktu sladu se nazývá předek a po jeho stečení následuje vyslazování.

**Vyslazování mláta** se provádí 75 °C horkou vodou, aby se z mláta vyloužily poslední zbytky rozpustného extraktu. Zfiltrovaný roztok extraktu při vyslazování se nazývá výstřelek a zpravidla se vyslazuje na 2 až 3 výstřelky. Předek a výstřelky se shromažďují v mladinové pánvi, kde se pozvolným zahříváním zvyšuje postupně teplota tak, aby se po skončení scezování sladina co nejdříve uvedla do varu.

**Chmelovar** má za cíl převedení hořkých látek chmele do mladiny, sterilaci mladiny, inaktivaci enzymů a koagulaci bílkovin s polyfenolovými látkami sladu a chmele. Hlavními reakcemi při chmelovaru jsou izomerační reakce chmelových  $\alpha$ -hořkých kyselin, při nichž vznikají intenzivně hořké produkty zvané iso- $\alpha$ -hořké kyseliny. Dále probíhají Maillgardovy reakce s tvorbou barevných a aromatických látek s oxidoredukčními vlastnostmi a denaturace sladových bílkovin. Chmel či chmelové přípravky se přidávají postupně, nejčastěji na dvakrát až třikrát, podle kvality a typu výrobku. Produktem chmelovaru, který trvá zpravidla 90 až 120 minut, je mladina. Po

chmelovaru následuje oddělení zbytků chmele ve chmelovém cízu, pokud nebyl použit chmelový granulát či chmelový extrakt a následuje chlazení mladiny.

Při chmelovaru se uplatňují především fyzikální a chemické děje. Faktory, které ovlivňují kvalitu mladiny jsou: doba, intenzita chmelovaru, pohyb vařící mladiny, odpar a změna pH. Protože k dokonalému vyslazení mláta je třeba určitého přebytku vyslazovací vody, musí se při chmelovaru odpařit, aby se získala mladina požadované koncentrace. U klasických varen je žádoucí odpar okolo 8% celkového objemu vyrážené mladiny za hodinu. Hodnota pH se sníží během chmelovaru o 0,15 až 0,25. Zvýšení kyselosti mladiny je způsobeno rozpouštěním hořkých chmelových kalů, působením vápenatých a hořečnatých iontů a vyloučením fosforečnanů z roztoku. Barva mladiny se zvyšuje o 1 až 1,5 jednotky EBC za hodinu v závislosti na podmínkách chmelovaru a složení mladiny.

**Chlazení mladiny** se dříve provádělo v otevřených nádobách, kde mladina samovolně chladla a sytila se kyslíkem ze vzduchu. To však bylo často zdrojem mikrobiální kontaminace mladiny. Dnes se používají téměř výhradně uzavřené vířivé kádě, kde při teplotách nad 60 °C dochází k usazení hrubých kalů, s následujícím dochlazením mladiny v deskových protiproudých výměnících tepla na zákvasnou teplotu 5 až 7 °C. Před zakvašením se mladina ještě sytí za sterilních podmínek kyslíkem, který je nezbytný pro činnost kvasinek. Pro odloučení kalů a zároveň proprovzdušnění. Vyrobená mladina musí svou koncentrací extraktivních látek odpovídat vyráběnému pivu, tzn. že při výrobě 10 % piva musí obsahovat 10 % hm. extraktivních látek. Velice často se také uplatňuje tzv. HGB technologie, kdy se vaří silnější mladiny, které projdou kvasným cyklem a na žádanou hodnotu původní koncentrace mladiny se upravují ředěním odplyněnou a odsolenou vodou. Pro výrobu světlých piv se připravují mladiny ze světlých sladů, pro výrobu tmavých piv ze směsi světlých, tmavých a barevných sladů.

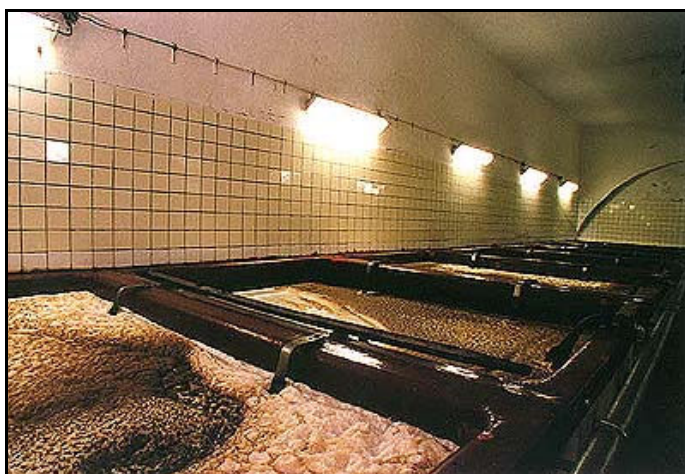
### **2.3.2.2 Procesy kvašení**

Pro **kvašení mladiny** se používá buď svrchních pivovarských kvasinek (*Saccharomyces cerevisiae*) při teplotách kvašení až 24 °C, nebo spodních pivovarských kvasinek (*Saccharomyces cerevisiae (uvarum)*) při teplotách kvašení 6 až 12 °C. Kvašení



mladiny je při klasické technologii rozděleno do dvou fází: na hlavní kvašení a dokvašování.

**Hlavní kvašení** se u nás provádí obvykle v otevřených kvasných kádích (viz *Obrázek 11: Kvasné kádě na spilce*) spodními pivovarskými kvasinkami. Nejdůležitějšími reakcemi hlavního kvašení jsou přeměny zkvasitelných sacharidů glukosy, maltosy a maltotriosy na etanol a oxid uhličitý anaerobním kvašením a současně vytváření vhodných organoleptických vlastností piva. Při kvašení je vytvářen chuťový charakter piva, který je ovlivňován nejen hlavními produkty kvašení, ale i obsahem vyšších alkoholů, esterů, ketonů, aldehydů, sloučenin síry,.... Průběh fermentace je závislý na složení mladiny, druhu použitých kvasnic, zákvasné dávce, teplotě kvašení, tlaku, objemu a tvaru nádob apod.



**Obrázek 11: Kvasné kádě na spilce**

Celková doba kvašení je obvykle 10 až 13 dní a počet dnů by měl být stejný nebo nižší než původní extrakt (stupňovitost) mladiny. Mohli bychom tedy říci – co stupeň extraktu, to den prokvašení.



Obrázek 12: Spilka

Prostor ve kterém probíhá kvašení piva se nazývá spilka (viz *obrázek 12: Spilka*). Tato místnost musí být větrána tak, aby se v ní nehromadil oxid uhličitý, který se vytváří při kvašení. CO<sub>2</sub> je těžší než vzduch, a proto se hromadí při zemi a také v kvasných kádích. Při obsahu 7 až 10 % ve vzduchu nastává akutní ohrožení života a nebezpečný je obsah CO<sub>2</sub> ve vzduchu od 3%. Ventilátory musí proto odsávat vzduch blízko u podlahy. Teplota ve spilkách se obvykle pohybuje mezi 5 až 10 °C.

Součástí spilky je místnost pro uchovávání kvasnic (tzv. „kvasničárna“), ve které jsou skladovány a ošetřovány kvasnice. Na veškeré zařízení této místnosti jsou kladeny vysoké hygienické požadavky.

V průběhu hlavního kvašení se rozlišuje několik stadií:

Mladina je zchlazena na zákvasnou teplotu 6 až 9 °C na průtokových chladičích. Poté je transportována do kvasných kádí. Během transportu je prováděno **provzdušňování** přívodem sterilního vzduchu. Rozpustnost kyslíku v mladině je dána tlakem, teplotou, rozdílem koncentrací v plynné a kapalně fázi a velikostí fázového rozhraní. Proto je nutno vzduch v mladině rozptýlit tak, aby bylo dosaženo velkého fázového rozhraní (malé bublinky). Pozdější nebo opakované provzdušňování se nedoporučuje, protože sice zvýší pomnožování kvasnic, ale dojde k vysoké tvorbě vedlejších produktů kvašení – zejména diacetylu.

Brzo po zakvašení dochází k **zapařování**, kdy se objevuje první bílá pěna na povrchu kvasící mladiny. Následuje odrážení při němž pěna houstne a je vytlačována do středu kvasné kádě. Většinou se dává 0,5 l hustých kvasnic na 1 hl mladiny přímo do

potrubí nebo vyjímečně až do kádí. Cílem zaprašování je distribuce kvasinek do celého objemu zchlazené mladiny a zvýšení obsahu rozpuštěného kyslíku tak, aby byl optimálně nastartován metabolismus kvasinek.

Další stádium **nízkých bílých proužků** obvykle začíná 24 až 36 hodin po naplnění kádě. Na povrchu kvasící mladiny se vytváří typické bílé růžice pěny. Úbytek zdánlivého extraktu je cca 0,8 až 1,2% za 24 hodin.

Během třetího až čtvrtého dne přechází kvašení do stádia **vysokých hnědých kroužků**. Barva kroužků postupně přechází do hnědé. Hodnota pH klesá na 4,6 až 4,4. Intenzita kvašení je maximální. Úbytek zdánlivého extraktu činí 1,0 až 1,8% za 24 hodin. Do pěny jsou vynášeny mrtvé kvasinky a kaly. Toto stádium je provázeno intenzivním vývojem tepla, je dosaženo maximální teploty kvašení (obvykle 8 až 12°C), která musí být udržována chlazením po dobu dvou dnů a pak je zahájeno zchlazování. Rychlost zchlazování má být 1°C za den, aby nebyl narušen průběh kvašení.

V dalším stádiu, které se nazývá **propadání**, se snižuje intenzita kvašení. Úbytek zdánlivého extraktu je 0,2 až 0,3% za 24 hodin. S tím je spojeno snižování výšky pěny na povrchu kádě. Na konci tohoto stádia zůstává na povrchu mladiny nízká (cca 2 až 3 cm) a tmavá vrstva pěny – deka. Kvasná deka obsahuje vyloučené látky, kvasnice a kontaminanty. Kvasná deka se sbírá pomocí děrované lžíce, a tím jsou odstraněny nežádoucí látky, které by při propadnutí deky mohly způsobit nepříjemnou hořkost piva. Sbírání deky se někdy provádí opakovaně 1 den před sudováním a těsně před sudováním.

Na konci hlavního kvašení sedimentují spodní kvasinky na dno kvasné kádě a po stáhnutí piva se sbírají, propírají se studenou vodou a znovu se nasazují do provozu.

Stupňovitost piva je procentuální vyjádření extrahovaného cukru (množství zkvasitelných látek na množství chmele). Obecně platí čím více chmelu tím větší stupeň.

### **2.3.2.3 Procesy dokvašování a zrání**

**Dokvašování a zrání** mladého piva se provádí v ležáckém sklepě, kde pivo při teplotách 1 až 3 °C velmi pozvolna dokváší, číří se, zraje a sytí se vznikajícím oxidem uhličitým pod tlakem 0,1 až 0,15 MPa v uzavřených ležáckých tancích. Tlak je nutný pro fixaci oxidu uhličitého v pivu, ale zase se jím inhibuje kvašení a vzrůstá i tvorba diacetylu. Kvašení je možné v CKT tancích jednofázové (kvašení i dokvašování probíhá ve stejném tanku) i dvoufázové. Kvašení může probíhat při nižší teplotě nebo při vyšší teplotě. Vyšší teploty jsou příznivější z hlediska urychlení celého procesu, ale z hlediska senzorického profilu nejsou příliš vhodné (vznik většího množství vedlejších produktů kvašení). Proto se častěji pracuje při nižších teplotách. Při nižší teplotě dochází i k lepší fixaci oxidu uhličitého. Teplota při kvašení roste v důsledku vývinu kvasného tepla a musí být pomocí automatické regulace výkonu chladicího systému udržována na požadované technologicky vhodné hodnotě tak dlouho, dokud se nedosáhne konečného stupně prokvašení. Potom se odpustí kvasnice usazené v kónusu a pivo se ochladí a nechá zrát. Číření piva se podpoří ochlazením až na 0 ° C. Po stočení piva se tank automaticky čistí a dezinfikuje vstřikovací hlavicí umístěnou pod víkem tanku.

Doba ležení je závislá na typu piva. U běžných piv do koncentrace mladiny 10 % bývá 3 týdny, pro speciální exportní piva se zvyšuje až na několik měsíců.

### **2.3.2.4 Filtrace piva**

Dokonale vyzrálé pivo se musí ještě zfiltrovat, případně pasterovat či stabilizovat a nakonec se stáčí do transportních obalů. Filtrace piva se nejčastěji provádí na křemelinových a deskových filtrech různé konstrukce. Poté se plní do sudů či lahví. Pro zvýšení biologické stability piva se provádí pasterace. Stabilizace se provádí u exportních piv, kdy je nezbytné zaručit mnohaměsíční trvanlivost. Principem pasterace je odstranění prekurzorů zákalů piva, především vysokomolekulárních dusíkatých složek, polyfenolů, kovových iontů a rozpuštěného kyslíku. Stáčení piva do transportních obalů je konečnou fází výroby.

U nás se vyrábějí převážně světlá piva technologií spodního kvašení a podle koncentrace mladiny se rozlišují na piva výčepní čili konzumní, ležáky a piva speciální.

Zvláštním typem piva jsou piva se sníženým nebo nulovým obsahem alkoholu vyráběná potlačeným kvašením z nízkoprocentních mladín, nebo odstraněním alkoholu z běžně vyrobeného piva. Kvasnicová jsou produktem zpravidla v minipivovarech s vyloučením filtrace.

*(Kosař K., Procházka S. a kol., 2000)*

## 3 DRUHY PIV

### 3.1 Základní rozdělení druhů pív

V současné době se ve světě vyrábí široká škála pív a vytvořit jejich jednotnou klasifikaci je úkolem značně obtížným. Postupem času se vyhranily dva hlavní typy pív, lišící se způsobem kvašení:

- piva spodně kvašená
- piva svrchně kvašená

Rozdíl mezi nimi spočívá v tom, že zatím co při výrobě spodně kvašených pív kvasnice postupně klesají ke dnu, kde vytvoří kompaktní vrstvu, u svrchně kvašených pív jsou kvasnice na konci kvašení vynášeny k povrchu. Spodně kvašená piva, původem ze střední Evropy, se dnes vyrábějí v celém světě. Svrchně kvašená piva se tradičně vyrábějí ve Velké Británii, v Belgii, částečně ve Francii a v Německu. Mají jiný organoleptický charakter, který se českému zákazníkovi jeví jako nezvyklý.

Podle barvy se piva dělí na:

- piva světlá
- piva tmavá
- piva polotmavá

### 3.2 Druhy pív vyráběných v České republice

V České republice se až na výjimky vyrábějí pouze spodně kvašená piva. Základním druhem je tzv. pivo českého (plzeňského) typu, které je reprezentováno světlým ležákem. Rozumí se tím světlé pivo o koncentraci původní mladiny 11 – 12 %, s dobrou

plností, výraznou hořkostí a dobrou pěnivostí. Vyrábí se obvykle dvourmutovým dekokčním způsobem a je středně prokvašené. K tomuto typu náleží většina piv u nás vyráběných, která se mírně liší v použitých surovinách a místními výrobními podmínkami.

Podle obsahu původního extraktu mladiny se piva podle potravinového zákona dělí na:

- **lehká** – do 7,99 % extraktu původní mladiny
- **výčepní** – 8,00 – 10,99 % extraktu původní mladiny
- **ležáky** – 11,00 – 12,99 % extraktu původní mladiny
- **speciální** – nad 13 % extraktu původní mladiny

Dále se u nás vyrábějí piva určená většinou ke speciálním účelům a určitému okruhu spotřebitelů:

- **piva se sníženým obsahem alkoholu** – s obsahem alkoholu nejvýše 1,2 % objemových (1 % hmotnostních). Toto pivo nesmí být používáno řidiči.
- **nealkoholické pivo** – pivo s obsahem alkoholu nejvýše 0,5 % objemových (0,4 % hmotnostních) určené pro řidiče.

Vyrábí se třemi způsoby – 1) přerušným kvašením mladiny o nízkém původním extraktu (asi 4 – 6 %)

2) z hotového piva odpařením alkoholu na vakuové odparce.

3) z hotového piva odpařením alkoholu pomocí polopropustné membrány.

- **pivo se sníženým obsahem cukru** - (dia pivo) – hluboce prokvašené pivo s obsahem zatěžujících sacharidů nejvýše  $7,5 \text{ g.l}^{-1}$  a bílkovin  $4,0 \text{ g.l}^{-1}$
- **pšeničné pivo** – pivo vyrobené s podílem extraktu pšeničného sladu vyšším než jedna třetina hmotnosti celkově dodaného extraktu.
- **kvasnicové pivo** – pivo vyrobené dodatečným přídavkem malého podílu rozkvašené mladiny do hotového piva během stáčení. Obsahuje rozptýlené živé kvasinky.
- **bylinné pivo** – pivo vyrobené s přídavkem části bylin, dřevin nebo jejich extraktu.

(Kosař K., Procházka S. a kol., 2000)



## 4 STUDIUM ZÁKLADNÍCH CHEMICKÝCH ZMĚN BĚHEM VÝROBY PIVA

V diplomové práci je celkem sledováno 20 vzorků piva ve výrobním úseku nazývaném „hlavní kvašení“. Je to úsek, ve kterém z vyrobené mladiny, která neobsahuje žádný alkohol, vzniká pivo. Tento proces se odehrává v místnosti zvané spilka (viz *Obrázek 12: Spilka*).

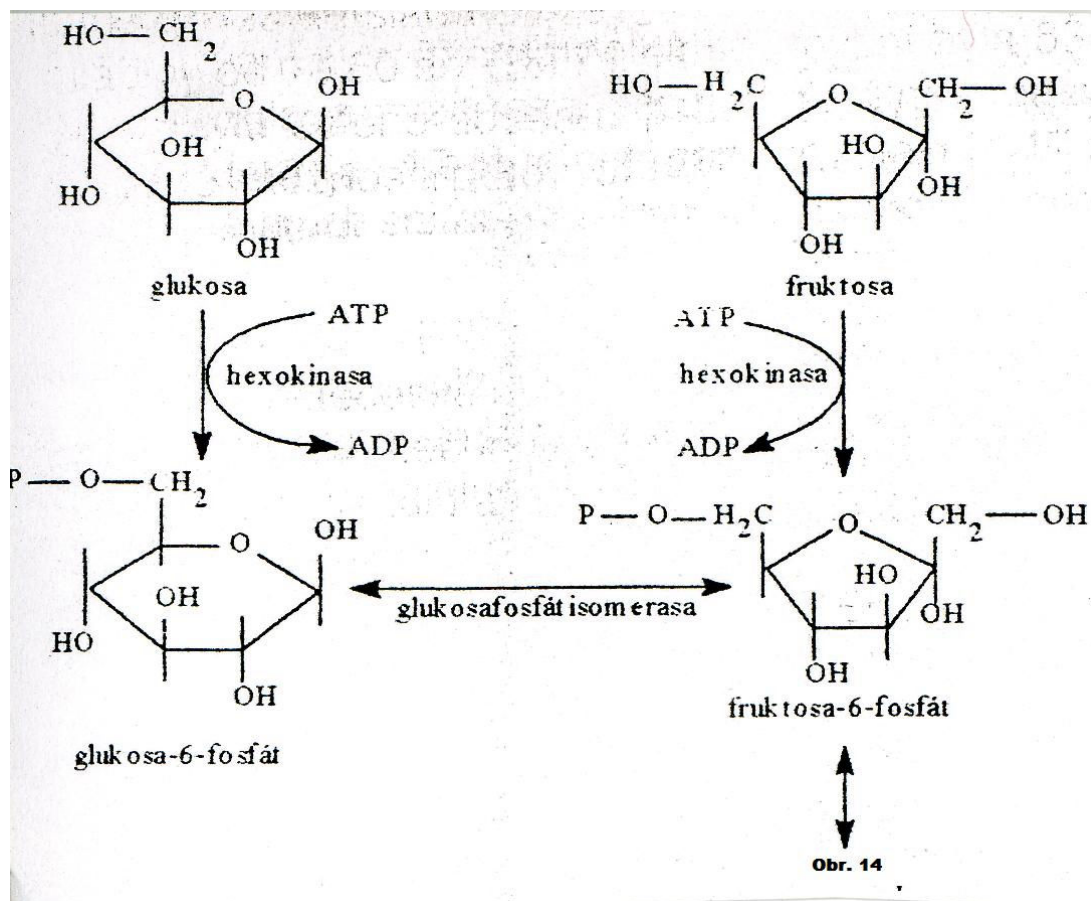
U těchto vzorků piva byl monitorován alkohol, stupňovitost, zdánlivý a reálný extrakt, hustota, barva a hodnota pH.

### 4.1 Alkohol

#### 4.1.1 Teorie kvašení – vznik alkoholu

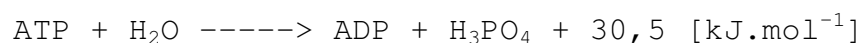
Kvasinky jsou schopné využívat jednoduché cukry (glukosu, fruktosu, manosu, galaktosu), disacharidy (sacharosu, maltosu), a některé trisacharidy (rafinosu, maltotriosu). Tyto **uhlíkaté zdroje** jsou transportovány do buněk. Transport jednoduchých cukrů probíhá přes buněčnou stěnu difúzí. Sacharosa je štěpena vně buňky na fruktosu a glukosu prostřednictvím enzymů invertasy. Maltosa a maltotriosa jsou transportovány aktivním transportem, který vyžaduje určitou energii. Také enzymy, které zprostředkovávají štěpení a transport těchto cukrů, jsou konstitutivní, tzn. že jsou buňkou syntetizovány teprve v případě potřeby. K tomu účelu musí mít buňka vhodné suroviny.

Jednoduché cukry jsou v buňce přeměněny na fruktosu-6-fosfát (obr. *Obrázek 13: Tvorba glukoso-6-fosfátu*), který vstupuje do metabolické dráhy glykolýzy cukrů (viz *Obrázek 14: Schéma alkoholového kvašení dle Embden – Meverhof – Parnase*).



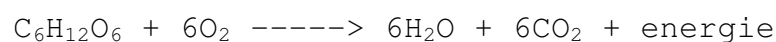
Obrázek 13: Tvorba glukoso-6-fosfátu

Cílem glykolýzy je získání stavebních kamenů pro buněčnou syntézu a získání energie. Energie se získává v podobě **adenosintrifosfátu** – **ATP**. Tato látka je chemickým energetickým akumulátorem buňky. Energie se uvolňuje při reakci:

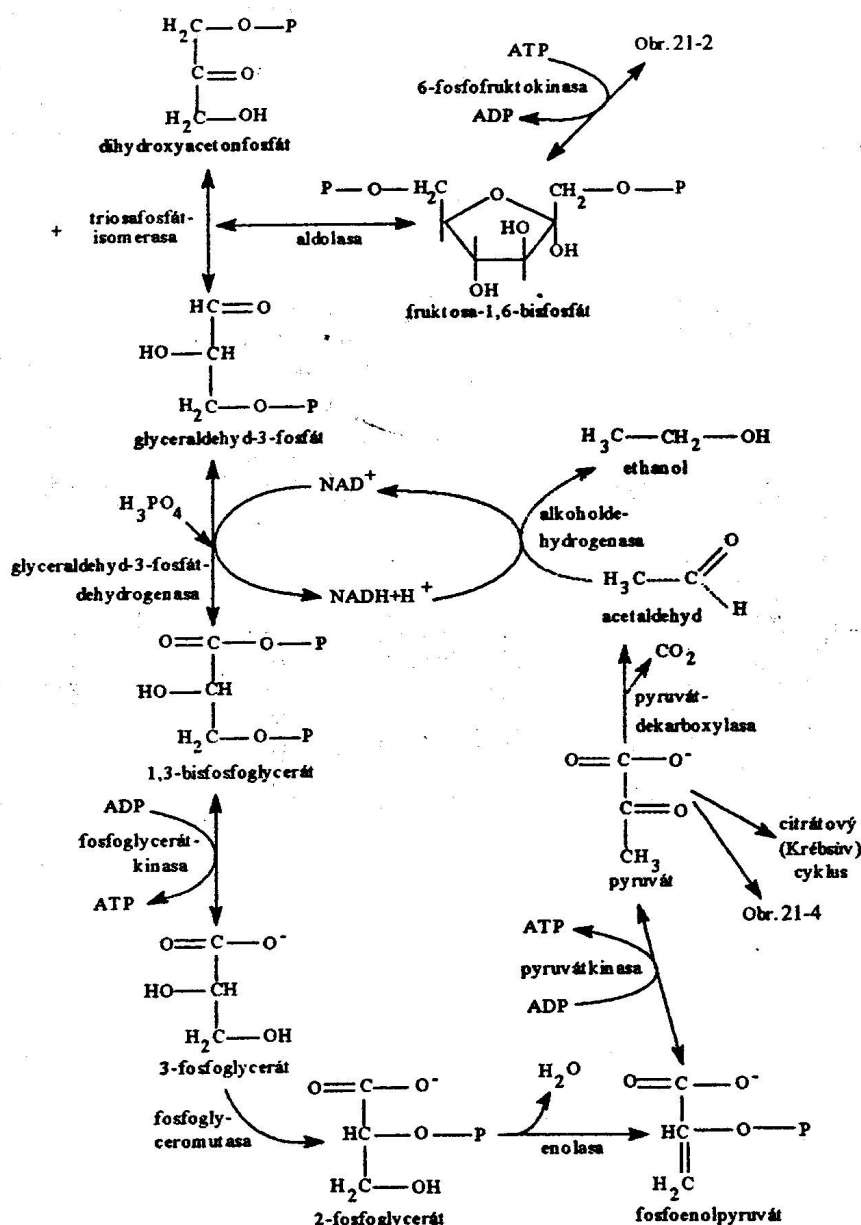


Klíčovým meziproduktem glykolýzy je pyruvát, od něhož může metabolická dráha postupovat dvěma odlišnými směry.

V **aerobním** prostředí pokračuje metabolismus citrátovým cyklem. Odbourávání uhlovodíkového řetězce může být dotaženo až do  $\text{CO}_2$ . Dýchání probíhá podle sumární rovnice:

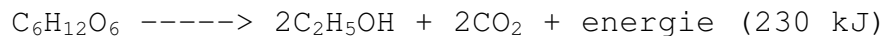


Při běžném postupu kvašení mladiny jsou pouze 2% extraktu zpracováno v aerobním cyklu. Možný energetický zisk 38 molekul ATP z jedné molekuly glykolýzy není dosažen, protože meziproducty odbourávání jsou použity jako základní kameny pro syntézu sterolů, lipidů a aminokyselin. Pouze za aerobních podmínek tvoří kvasinky rezervní uhlovodíky – glykogen a trehalosu.



Obrázek 14: Schéma alkoholového kvašení dle Embden – Meyerhof – Parnase

Pivovarsky nejvýznamnější částí metabolismu kvasinek je přeměna pyruvátu na alkohol. Kvašení probíhá za **anaerobních** podmínek podle rovnice:



Energetický zisk z přeměny jedné molekuly glukosy na alkohol při kvašení je představován dvěma molekulami ATP. Při dalších reakcích dochází ke ztrátám energie, které se projevují růstem teploty kvasící mladiny. Jestliže chceme udržet konstantní teplotu kvasící mladiny, musíme toto teplo odvádět chlazením.

*(Kosař K., Procházka S. a kol., 2000)*

### 4.1.2 Nárůst alkoholu u sledovaných vzorků

Ode dne, kdy byla mladina načerpána do kvasných kádí na spilce jsem u každého vzorku každý den monitorovala nárůst hmotnostního alkoholu ( $A_{\text{hm.}} [\%]$ ) a objemového alkoholu ( $A_{\text{obj.}} [\%]$ ) po dobu, co byla následně přečerpána do ležáckých tanků v ležáckém sklepě.

### 4.1.2.1 Deset vzorků 11 % piva

**Tabulka 1: Nárůst alkoholu u V 1 - mladina o stupňovitosti 10,50**

	1.den	2.den	3.den	6.den	7.den	8.den	9.den
A <sub>hm.</sub> [%]	0,01	0,17	0,31	1,93	2,25	2,75	3,13
A <sub>Obj.</sub> [%]	0,01	0,22	0,40	2,50	2,91	3,54	4,00

**Tabulka 2: Nárůst alkoholu u V 2 - mladina o stupňovitosti 10,55**

	2.den	3.den	6.den	7.den	8.den	9.den	10.den
A <sub>hm.</sub> [%]	0,07	0,18	1,59	2,02	2,53	2,90	3,38
A <sub>Obj.</sub> [%]	0,09	0,23	2,07	2,61	3,25	3,72	4,32

**Tabulka 3: Nárůst alkoholu u V 3 - mladina o stupňovitosti 10,60**

	2.den	5.den	6.den	7.den	8.den	9.den
A <sub>hm.</sub> [%]	0,18	1,75	2,35	2,98	3,29	3,34
A <sub>Obj.</sub> [%]	0,24	2,27	3,03	3,82	4,20	4,27

**Tabulka 4: Nárůst alkoholu u V 4 - mladina o stupňovitosti 10,70**

	1.den	2.den	6.den	7.den	8.den	9.den	10.den
A <sub>hm.</sub> [%]	0,01	0,10	1,37	1,89	2,50	2,97	3,18
A <sub>Obj.</sub> [%]	0,01	0,13	1,79	2,45	3,22	3,80	4,07

**Tabulka 5: Nárůst alkoholu u V 5 - mladina o stupňovitosti 10,75**

	2.den	3.den	6.den	7.den	8.den	9.den
A <sub>hm.</sub> [%]	0,06	0,14	1,96	2,55	3,15	3,38
A <sub>Obj.</sub> [%]	0,08	0,18	2,54	3,27	4,03	4,32

**Tabulka 6: Nárůst alkoholu u V 6 - mladina o stupňovitosti 10,80**

	2.den	3.den	6.den	7.den	8.den	9.den	10.den
A <sub>hm.</sub> [%]	0,07	0,16	1,72	2,23	2,80	3,08	3,34
A <sub>Obj.</sub> [%]	0,09	0,21	2,23	2,88	3,60	3,94	4,27

**Tabulka 7: Nárůst alkoholu u V 7 - mladina o stupňovitosti 10,70**

	2.den	3.den	4.den	7.den	8.den	9.den	10.den
A <sub>hm.</sub> [%]	0,14	0,31	0,63	2,46	2,86	3,14	3,24
A <sub>Obj.</sub> [%]	0,18	0,41	0,82	3,17	3,66	4,02	4,14

**Tabulka 8: Nárůst alkoholu u V 8 - mladina o stupňovitosti 10,40**

	1.den	2.den	3.den	4.den	7.den
A <sub>hm.</sub> [%]	0,11	0,37	1,02	1,75	3,20
A <sub>Obj.</sub> [%]	0,15	0,49	1,33	2,27	4,09

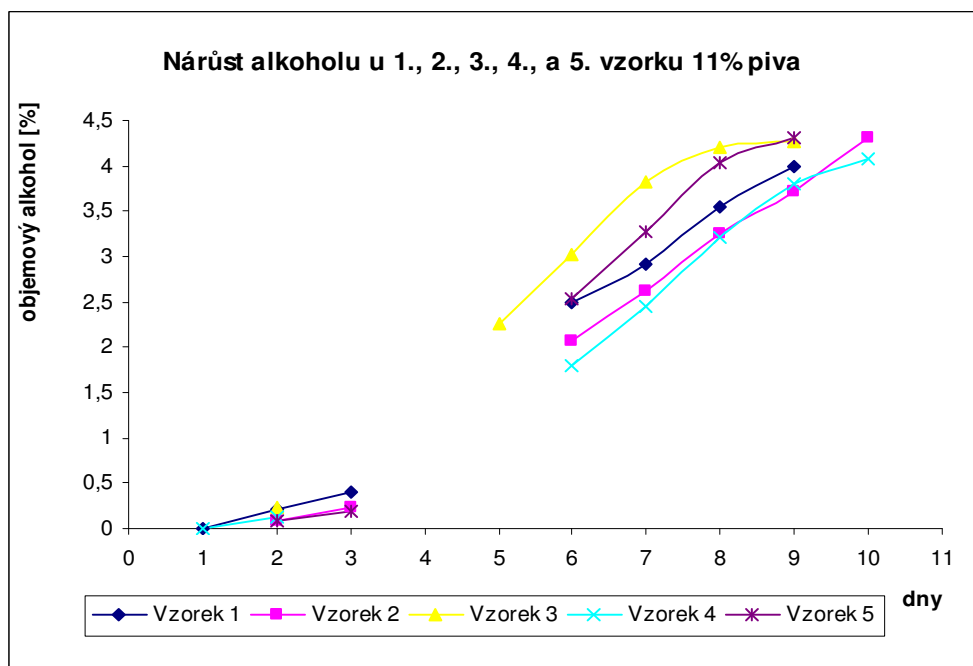
**Tabulka 9: Nárůst alkoholu u V 9 - mladina o stupňovitosti 10,45**

	1.den	2.den	3.den	6.den	7.den	8.den	9.den	10.den
A <sub>hm.</sub> [%]	0,02	0,11	0,19	1,11	1,73	2,44	3,03	3,18
A <sub>Obj.</sub> [%]	0,02	0,15	0,26	1,45	2,25	3,13	3,88	4,07

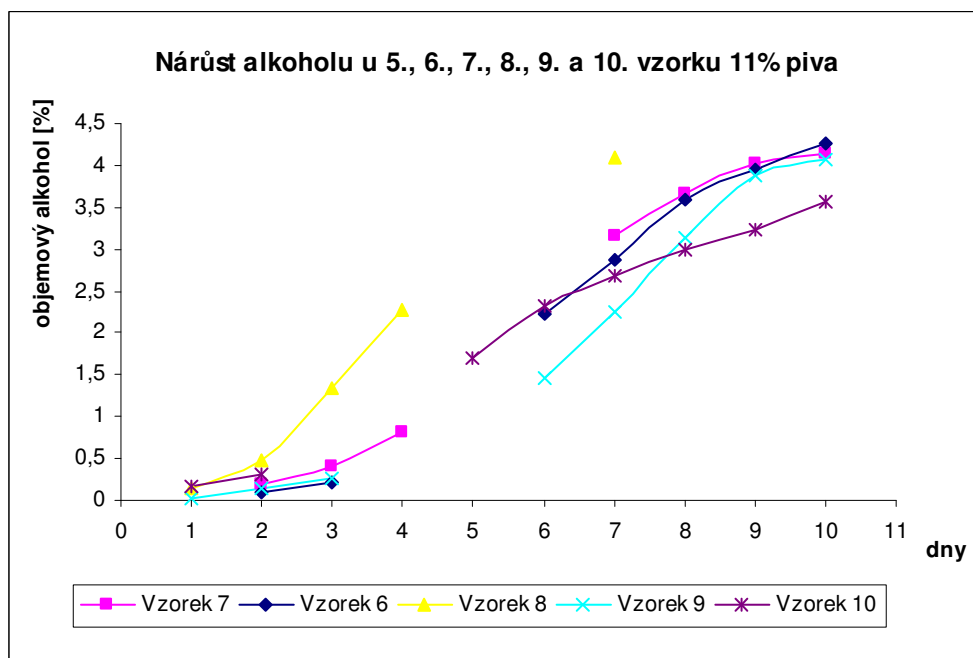
**Tabulka 10: Nárůst alkoholu u V 10 - mladina o stupňovitosti 10,50**

	1.den	2.den	5.den	6.den	7.den	8.den	9.den	10.den	11.den
A <sub>hm.</sub> [%]	0,12	0,24	1,30	1,79	2,07	2,33	2,50	2,79	3,13
A <sub>Obj.</sub> [%]	0,16	0,32	1,69	2,31	2,67	3,00	3,22	3,57	4,05

Graf 1: Nárůst alkoholu u 1., 2., 3., 4., a 5. vzorku 11 % piva



Graf 2: Nárůst alkoholu u 5., 6., 7., 8., 9. a 10. vzorku 11 % piva



Nejdůležitějšími reakcemi hlavního kvašení jsou přeměny zkvasitelných sacharidů glukosy, maltosy a maltotriosy na etanol a oxid uhličitý anaerobním kvašením a současně vytváření vhodných organoleptických vlastností piva.

Z obou grafů je zřetelné, že u každého vzorku hodnota alkoholu roste. Intenzita růstu je odlišná, což může být způsobeno kvalitou kvasinek či mutací kvasinek nebo nesprávnou regulací teplot při hlavním kvašení.

Počet dnů, kdy byla mladina načerpána do kvasných kádí, až po dobu přečerpání do ležáckých tanků, by měl být stejná nebo nižší než původní extrakt (stupňovitost) mladiny. U sledovaných vzorků je tato podmínka dodržena, i když počet dnů není vždy stejný. Například u vzorku číslo osm stačilo mladině pouhých sedm dní, aby se prokvasila na požadovanou hodnotu alkoholu. Naopak vzorek číslo deset musel ležet na spilce celých jedenáct dní a přesto alkohol byl ještě o 0,1 % nižší než u vzorku osm. Je to opět způsobeno kvasinkami či teplotou při kvašení.

U vzorku číslo jedna, čtyři a devět můžeme pozorovat pozvolnější rozkvašování. Nárůst alkoholu po 1 dnu v kvasné kádi byl poměrně nízký. Opět to může být způsobeno špatným fyziologickým stavem kvasnic. Fyziologický stav kvasnic negativně ovlivňuje teplé skladování a dlouhé a intenzivní praní.



### 4.1.2.2 Deset vzorků 14% piva

**Tabulka 11: Nárůst alkoholu u V 11 - mladina o stupňovitosti 13,45**

	1.den	2.den	3.den	4.den	7.den	8.den	9.den	10.den
A <sub>hm.</sub> [%]	0,15	0,25	0,69	1,41	3,63	3,87	4,15	4,37
A <sub>Obj.</sub> [%]	0,19	0,33	0,91	1,85	4,67	4,97	5,32	5,60

**Tabulka 12: Nárůst alkoholu u V 12 - mladina o stupňovitosti 13,55**

	1.den	2.den	3.den	6.den	7.den	8.den	9.den	10.den	13.den
A <sub>hm.</sub> [%]	0,06	0,24	0,64	2,78	3,28	3,61	3,93	4,16	4,39
A <sub>Obj.</sub> [%]	0,08	0,32	0,85	3,61	4,24	4,65	5,05	5,34	5,62

**Tabulka 13: Nárůst alkoholu u V 13 - mladina o stupňovitosti 13,65**

	1.den	4.den	5.den	6.den	7.den	8.den	9.den	10.den
A <sub>hm.</sub> [%]	0,04	1,08	1,84	2,59	3,38	4,03	4,05	4,28
A <sub>Obj.</sub> [%]	0,05	1,42	2,41	3,37	4,37	5,18	5,20	5,50

**Tabulka 14: Nárůst alkoholu u V 14 - mladina o stupňovitosti 13,70**

	1.den	2.den	3.den	4.den	7.den	8.den	9.den	10.den	11.den	13.den
A <sub>hm.</sub> [%]	0,05	0,20	0,52	1,04	3,11	3,51	3,77	4,06	4,25	4,51
A <sub>Obj.</sub> [%]	0,07	0,26	0,68	1,38	4,03	4,53	4,85	5,21	5,45	5,76

**Tabulka 15: Nárůst alkoholu u V 15 - mladina o stupňovitosti 13,70**

	2.den	3.den	4.den	7.den	8.den	9.den	10.den	11.den
A <sub>hm.</sub> [%]	0,22	0,60	0,91	3,13	3,68	4,06	4,27	4,45
A <sub>Obj.</sub> [%]	0,29	0,79	1,21	4,05	4,75	5,21	5,48	5,69

**Tabulka 16: Nárůst alkoholu u V 16 - mladina o stupňovitosti 13,75**

	1.den	2.den	3.den	6.den	7.den	8.den	9.den	10.den
A <sub>hm.</sub> [%]	0,05	0,30	0,40	2,76	3,43	3,89	4,25	4,48
A <sub>Obj.</sub> [%]	0,06	0,40	0,53	3,58	4,43	5,00	5,45	5,73

**Tabulka 17: Nárůst alkoholu u V 17 - mladina o stupňovitosti 13,70**

	2.den	3.den	4.den	7.den	8.den	9.den	10.den
A <sub>hm.</sub> [%]	0,23	0,48	1,13	3,92	4,15	4,35	4,51
A <sub>Obj.</sub> [%]	0,30	0,64	1,49	5,04	5,32	5,57	5,77

**Tabulka 18: Nárůst alkoholu u V 18 - mladina o stupňovitosti 13,90**

	1.den	2.den	5.den	6.den	7.den	8.den	9.den
A <sub>hm.</sub> [%]	0,03	0,20	2,23	3,05	3,73	4,19	4,51
A <sub>Obj.</sub> [%]	0,05	0,26	2,91	3,95	4,80	5,37	5,77

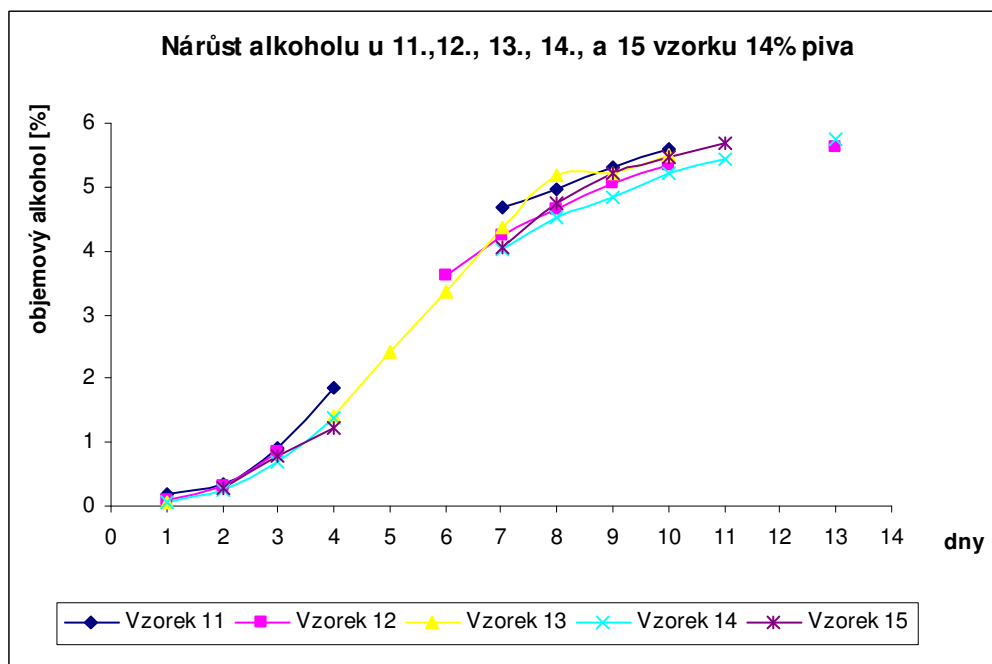
**Tabulka 19: Nárůst alkoholu u V 19 - mladina o stupňovitosti 13,75**

	1.den	4.den	5.den	6.den	7.den	8.den	11.den	12.den
A <sub>hm.</sub> [%]	0,10	1,48	2,10	2,82	3,39	3,76	4,34	4,42
A <sub>Obj.</sub> [%]	0,14	1,94	2,74	3,66	4,38	4,84	5,56	5,65

**Tabulka 20: Nárůst alkoholu u V 20 - mladina o stupňovitosti 13,80**

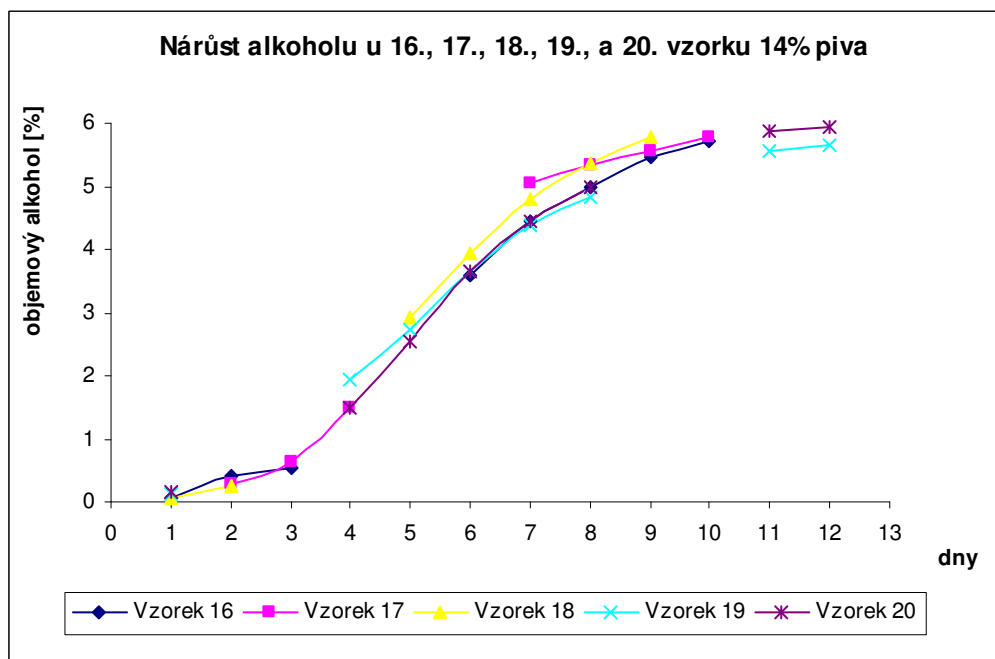
	1.den	4.den	5.den	6.den	7.den	8.den	11.den	12.den
A <sub>hm.</sub> [%]	0,12	1,12	1,95	2,81	3,45	3,87	4,59	4,65
A <sub>Obj.</sub> [%]	0,16	1,48	2,55	3,65	4,46	4,98	5,86	5,94

Graf 3: Nárůst alkoholu u 11., 12., 13., 14., a 15. vzorku 11% piva



Opět z grafů vidíme, že u sledovaných vzorků alkohol roste. I zde je intenzita růstu odlišná a není stejný ani počet dnů, kdy mladina ležela na spilce. Vzorku číslo 18 stačilo na prokvašení pouhých devět dnů, kdežto vzorky číslo 12 a 14 kvasily v kádích celých třináct dní.

Graf 4: Nárůst alkoholu u 16., 17., 18., 19., a 20. vzorku 11 % piva



Závěrem můžeme konstatovat, že u všech sledovaných vzorků nárůst alkoholu proběhl bez komplikací a v průběhu hlavního kvašení se nevyskytly potíže.

Pokud by se během kvašení nějaké potíže vyskytly, projevilo by se to atypickým vzhledem pěny, zápachem, pozdním startem kvašení nebo jeho zastavením. Příčiny jsou hlavně ve složení mladiny, kontaminaci, přítomnosti cizorodých látek, kolísání teploty, obsahu kyslíku, špatném objemu nebo stavu kvasnic a vysoké teplotě kvašení.

Nepravidelnost hlavního kvašení je nutno předcházet důslednou kontrolou a výběrem surovin, laboratorní a provozní kontrolou, která je pravidelně vyhodnocována, a také dobře následným a standardně probíhajícím technologickým postupem. Pokud se objeví nějaká závada, je možné ji odstranit zcukřením partie pomocí enzymů, novým zakvašením a většinou je nutno smíchat postiženou partii s normálním pivem.

Hodnoty hmotnostního a objemového alkoholu byly měřeny pomocí přístroje Alcolyzer Beer (viz Příloha C).

### 4.2 Extrakt zdánlivý a skutečný

Během procesu kvašení mladiny dochází k přeměně cukrů na oxid uhličitý a alkohol. Tyto změny jsou charakterizovány hodnotami:

- **Extrakt původní mladiny** (původní **stupňovitost**) –  $P$  je extraktivnost (obsah rozpuštěných látek) původní mladiny (% hm.) před zakvašením.
- **Extrakt zdánlivý** –  $E_z$  (m) je extraktivnost piva zbaveného  $\text{CO}_2$  (% hm.) Je závislá na obsahu extraktu i alkoholu, a proto neodpovídá konkrétní hodnotě extraktu.
- **Extrakt dosažitelný** –  $E_d$  je nejvyšší kvašením dosažitelná zdánlivá extraktivnost piva.
- **Extrakt skutečný** –  $E_s$  (n) je extraktivnost (nezkvašený extrakt) piva zbaveného  $\text{CO}_2$  a alkoholu doplněného vodou na původní hmotnost (% hm.).
- **Alkohol** –  $A$  je obsah alkoholu (% hm.)
- **Prokvašení zdánlivé** –  $P_z$  je úbytek zdánlivého extraktu při kvašení vyjádřený v %.

$$(P - E_z) \cdot 100$$

$$P_z = \frac{\quad}{\quad} \%$$

$$P$$

- Prokvašení skutečné –  $P_s$  je úbytek skutečného extraktu při kvašení vyjádřený v %.

$$(P - E_s) \cdot 100$$

$$P_s = \frac{\quad}{\quad} \%$$

$$P$$

- Prokvašení dosažitelné –  $P_d$  nejvyšší kvašením dosažitelné hodnota zdánlivého prokvašení piva vyjádřená v %.

$$(P - E_d) \cdot 100$$

$$P_d = \frac{\quad}{\quad} \%$$

$$P$$

Hodnota  $E_z$  je vždy nižší než hodnota  $E_s$ , protože hustota piva je snižována přítomností alkoholu. Toto zředování se nazývá atenuace.

(Kosař K., Procházka S. a kol., 2000)

## 4.2.1 Deset vzorků 11% piva

Tabulka 21: Úbytek extraktů a hustoty u V 1

	1.den	2.den	3.den	6.den	7.den	8.den	9.den
P [%]	9,87	10,05	10,43	10,34	10,52	10,54	10,58
E <sub>z</sub> [%]	9,85	9,63	9,68	5,65	5,04	3,86	3,0
Es [%]	9,85	9,72	9,83	6,56	6,11	5,16	4,47
ρ [g.cm <sup>3</sup> ]	1,0375	1,0366	1,0368	1,0204	1,0180	1,0133	1,0099

Tabulka 22: Úbytek extraktů a hustoty u V 2

	2.den	3.den	6.den	7.den	8.den	9.den	10.den
P [%]	10,29	10,33	10,34	10,36	10,38	10,41	10,42
E <sub>z</sub> [%]	10,12	9,90	6,47	5,45	4,24	3,38	2,39
Es [%]	10,15	9,99	7,22	6,40	5,43	4,74	3,97
ρ [g.cm <sup>3</sup> ]	1,0386	1,0377	1,0237	1,0196	1,0148	1,0114	1,0075

Tabulka 23: Úbytek extraktů a hustoty u V 3

	2.den	5.den	6.den	7.den	8.den	9.den
P [%]	10,47	10,65	10,74	10,72	10,63	10,73
E <sub>z</sub> [%]	10,02	10,21	5,04	3,51	2,67	2,64
Es [%]	10,11	10,35	5,25	4,90	4,21	4,20
ρ [g.cm <sup>3</sup> ]	1,0382	1,0391	1,0290	1,0119	1,0099	1,0085

Tabulka 24: Úbytek extraktů a hustoty u V 4

	1.den	2.den	6.den	7.den	8.den	9.den	10.den
P [%]	10,55	10,55	10,60	10,62	10,60	10,64	10,60
E <sub>z</sub> [%]	10,54	10,31	7,26	6,02	4,54	3,46	2,67
Es [%]	10,55	10,36	7,91	6,92	5,72	4,85	4,16
ρ [g.cm <sup>3</sup> ]	1,0404	1,0394	1,0269	1,0219	1,0160	1,0117	1,0086

**Tabulka 25: Úbytek extraktů a hustoty u V 5**

	2.den	3.den	6.den	7.den	8.den	9.den
<b>P [%]</b>	10,44	10,50	10,53	10,56	10,58	10,58
<b>E<sub>z</sub> [%]</b>	10,29	10,17	5,77	4,39	2,95	2,39
<b>Es [%]</b>	10,32	10,23	6,70	5,59	4,42	3,97
<b>ρ [g.cm<sup>3</sup>]</b>	1,0393	1,0388	1,0209	1,0154	1,0097	1,0075

**Tabulka 26: Úbytek extraktů a hustoty u V 6**

	1.den	2.den	5.den	6.den	7.den	8.den	9.den
<b>P [%]</b>	10,53	10,54	10,57	10,59	10,61	10,61	10,63
<b>E<sub>z</sub> [%]</b>	10,36	10,14	6,39	5,17	3,81	3,15	2,64
<b>Es [%]</b>	10,39	10,22	7,21	6,23	5,13	4,59	4,20
<b>ρ [g.cm<sup>3</sup>]</b>	1,0396	1,0387	1,0234	1,0185	1,0131	1,0105	1,0085

**Tabulka 27: Úbytek extraktů a hustoty u V 7**

	1.den	2.den	3.den	6.den	7.den	8.den	9.den
<b>P [%]</b>	10,50	10,52	10,48	10,57	10,53	10,59	10,59
<b>E<sub>z</sub> [%]</b>	10,17	9,75	8,95	4,59	3,61	2,97	2,74
<b>Es [%]</b>	10,23	9,91	9,25	5,75	4,95	4,45	4,26
<b>ρ [g.cm<sup>3</sup>]</b>	1,0388	1,0371	1,0338	1,0162	1,0123	1,0098	1,0089

**Tabulka 28: Úbytek extraktů a hustoty u V 8**

	1.den	2.den	3.den	4.den	7.den
<b>P [%]</b>	10,46	10,45	10,26	10,38	10,50
<b>E<sub>z</sub> [%]</b>	10,19	9,54	7,78	6,12	2,74
<b>Es [%]</b>	10,25	9,72	8,26	6,95	4,24
<b>ρ [g.cm<sup>3</sup>]</b>	1,0389	1,0362	1,0290	1,0223	1,0089



Tabulka 29: Úbytek extraktů a hustoty u V 9

	1.den	2.den	3.den	6.den	7.den	8.den	9.den	10.den
P [%]	10,33	10,37	10,33	10,33	10,31	10,36	10,42	10,39
E <sub>z</sub> [%]	10,29	10,15	9,85	7,63	6,09	4,44	3,8	2,67
Es [%]	10,30	10,09	9,95	8,16	6,92	5,59	4,50	4,16
ρ [g.cm <sup>3</sup> ]	1,0393	1,0385	1,0375	1,0284	1,0222	1,0156	1,0102	1,0086

Tabulka 30: Úbytek extraktů a hustoty u V 10

	1.den	2.den	5.den	6.den	7.den	8.den	9.den	10.den	11.den
P [%]	10,32	10,32	10,33	10,34	10,32	10,38	10,41	10,34	10,35
E <sub>z</sub> [%]	10,02	9,73	7,78	6,84	5,30	4,72	4,34	3,58	2,69
Es [%]	10,08	9,85	7,16	5,99	6,28	5,28	5,52	4,89	4,15
ρ [g.cm <sup>3</sup> ]	1,0382	1,0370	1,0265	1,0218	1,0190	1,0167	1,0152	1,0122	1,0089

## 4.2.2 Deset vzorků 14% piva

Tabulka 31: Úbytek extraktů a hustoty u V 11

	1.den	2.den	3.den	4.den	7.den	8.den	9.den	10.den
P [%]	13,39	13,40	13,41	13,32	13,35	13,30	13,37	13,41
E <sub>z</sub> [%]	13,04	12,80	11,75	9,95	4,96	4,06	3,48	3,00
Es [%]	13,11	12,92	12,08	10,61	6,37	5,85	5,39	5,00
ρ [g.cm <sup>3</sup> ]	1,0508	1,0498	1,0454	1,0379	1,0166	1,0141	1,0118	1,0099

Tabulka 32: Úbytek extraktů a hustoty u V 12

	1.den	2.den	3.den	6.den	7.den	8.den	9.den	10.den	13.den
P [%]	13,46	13,38	13,31	13,20	13,22	13,21	13,27	13,31	13,36
E <sub>z</sub> [%]	13,21	12,80	11,78	6,54	5,37	4,59	3,89	3,38	2,90
Es [%]	13,34	12,92	12,08	7,84	6,89	6,26	5,70	5,29	4,91
ρ [g.cm <sup>3</sup> ]	1,0519	1,0498	1,0455	1,0240	1,0193	1,0162	1,0134	1,0114	1,0095

**Tabulka 33: Úbytek extraktů a hustoty u V 13**

	1.den	4.den	5.den	6.den	7.den	8.den	9.den	10.den
<b>P [%]</b>	13,10	13,45	13,42	13,40	13,42	13,47	13,50	13,49
<b>E<sub>z</sub> [%]</b>	13,01	10,87	9,02	7,21	5,35	3,86	3,05	2,87
<b>Es [%]</b>	13,03	11,38	9,89	8,42	6,91	5,71	5,11	4,98
<b>ρ [g.cm<sup>3</sup>]</b>	1,0507	1,0417	1,0341	1,0267	1,0192	1,0133	1,0101	1,0088

**Tabulka 34: Úbytek extraktů a hustoty u V 14**

	1.den	2.den	3.den	4.den	7.den	8.den	9.den	10.den	11.den	13.den
<b>P [%]</b>	13,31	13,58	13,61	13,56	13,47	13,49	13,48	13,53	13,55	13,59
<b>E<sub>z</sub> [%]</b>	13,18	13,11	12,37	11,06	6,04	5,12	4,49	3,86	3,43	2,87
<b>Es [%]</b>	13,21	13,20	12,62	11,55	7,49	6,74	6,23	5,73	5,38	4,93
<b>ρ [g.cm<sup>3</sup>]</b>	1,0514	1,0511	1,0480	1,0425	1,0220	1,0183	1,0158	1,0133	1,0116	1,0094

**Tabulka 35: Úbytek extraktů a hustoty u V 15**

	2.den	3.den	4.den	7.den	8.den	9.den	10.den	11.den
<b>P [%]</b>	13,75	13,61	13,63	13,65	13,64	13,74	13,74	13,67
<b>E<sub>z</sub> [%]</b>	13,23	12,18	11,44	6,19	4,87	4,09	3,58	3,10
<b>Es [%]</b>	13,33	12,47	11,88	7,64	6,57	5,95	5,54	5,14
<b>ρ [g.cm<sup>3</sup>]</b>	1,0516	1,0492	1,0441	1,0226	1,0173	1,0142	1,0142	1,0103

**Tabulka 36: Úbytek extraktů a hustoty u V 16**

	1.den	2.den	3.den	6.den	7.den	8.den	9.den	10.den
<b>P [%]</b>	13,44	13,50	13,56	13,52	13,51	13,53	13,55	13,58
<b>E<sub>z</sub> [%]</b>	13,32	12,78	12,61	6,94	5,32	4,27	3,43	2,92
<b>Es [%]</b>	13,35	12,92	12,80	8,22	6,91	6,06	5,38	4,97
<b>ρ [g.cm<sup>3</sup>]</b>	1,0520	1,0497	1,0490	1,0256	1,0191	1,0149	1,0116	1,0096

**Tabulka 37: Úbytek extraktů a hustoty u V 17**

	2.den	3.den	4.den	7.den	8.den	9.den	10.den
--	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------

P [%]	13,65	13,65	13,54	13,60	13,57	13,61	13,63
E <sub>z</sub> [%]	13,02	12,49	10,84	4,27	3,68	3,25	2,90
Es [%]	13,22	12,72	11,38	6,07	5,59	5,25	4,96
ρ [g.cm <sup>3</sup> ]	1,0511	1,0485	1,0416	1,0149	1,0126	1,0109	1,0095

**Tabulka 38: Úbytek extraktů a hustoty u V 18**

	1.den	2.den	5.den	6.den	7.den	8.den	9.den
P [%]	13,64	13,60	13,57	13,56	13,60	13,58	13,63
E <sub>z</sub> [%]	13,56	13,13	8,24	6,29	4,72	3,61	2,90
Es [%]	13,58	13,23	9,29	7,71	6,44	5,53	4,96
ρ [g.cm <sup>3</sup> ]	1,0530	1,0512	1,0309	1,0230	1,0167	1,0123	1,0095

**Tabulka 39: Úbytek extraktů a hustoty u V 19**

	1.den	4.den	5.den	6.den	7.den	8.den	11.den	12.den
P [%]	13,60	13,63	13,60	13,63	13,60	13,62	13,68	13,66
E <sub>z</sub> [%]	13,35	10,09	8,59	6,91	5,52	4,67	3,36	3,15
Es [%]	13,40	10,79	9,57	8,22	7,09	6,40	5,34	5,17
ρ [g.cm <sup>3</sup> ]	1,0521	1,0385	1,0323	1,0255	1,0199	1,0165	1,0113	1,0105

**Tabulka 40: Úbytek extraktů a hustoty u V 20**

	1.den	4.den	5.den	6.den	7.den	8.den	11.den	12.den
P [%]	13,68	13,68	13,59	13,58	13,60	13,61	13,68	13,65
E <sub>z</sub> [%]	13,39	11,01	8,93	6,86	5,37	4,39	2,77	2,59
Es [%]	13,45	11,54	9,84	8,17	6,97	6,17	4,87	4,72
ρ [g.cm <sup>3</sup> ]	1,0523	1,0423	1,0337	1,0253	1,0193	1,0154	1,0090	1,0083

Každý monitorovaný vzorek má tabulku, ve které jsou zaznamenány údaje o extraktu původní mladiny (původní stupňovitosti) vyjádřené v procentech - P[%], zdánlivém extraktu -  $E_z$  [%], skutečném extraktu -  $E_s$  [%] a hustotě -  $\rho$  [kg.m<sup>3</sup>].

Údaj o extraktu původní mladiny (původní **stupňovitosti**) - P[%] by měl být každé měření stejný a měl by se shodovat s údajem o mladině napsaném nad tabulkou. Jasně vidíme, že tomu tak není ani u jednoho vzorku. Nepřesnosti jsou dané měřením a přípravami vzorků.

**Zdánlivý extrakt** -  $E_z$  [%] by měl během hlavního kvašení klesat a jeho hodnota je menší než hodnota **skutečného extraktu** -  $E_s$  [%]. Tato podmínka je splněna u všech sledovaných vzorků. U 11% piva se dosažená hodnota zdánlivého extraktu pohybuje v rozmezí 2,3% až 3,0% a u 14% piva je rozmezí od 2,59% do 3,15%. Hodnoty se ještě budou měnit během zrání piva v ležáckých tancích. Konečná hodnota u výrobku se při takto silných piv pohybuje v průměru kolem 1,5 %.

Zdánlivý a skutečný extrakt byl měřen pomocí přístroje Alcoalyzer Beer (viz Příloha C).

### 4.3 Barva

Barva a průzračnost jsou vlastnosti, jimž se dnes přikládá znaná důležitost. Dnešní konzumenti často podle průzračnosti a jiskrnosti posuzují dokonalost výrobku a podle barvy se snaží usuzovat na jakost piva. Proto je ve výrobě třeba trvale pečovat o to, aby pivo mělo čistou, příslušnému pivu odpovídající barvu.

Barvu piva určuje hlavně barva zpracovaného sladu, varní voda, postup při rmutování, povařování rmutů a chmelovar. Tyto faktory zvyšují barvu mladiny ve srovnání s barvou laboratorní sladiny. Naproti tomu **při kvašení nastává vždy pokles barvy**, který je různý při použití různých technických kultur várečných kvasnic.

Aby se získala piva stejnoměrné barvy, je třeba vést sladování tak, aby slad měl stejnoměrnou barvu takového odstínu, který poskytuje pivo požadované barvy. Největší vliv má stupeň rozluštění a postup při hvozdnění.

Zvláštní vliv na barvu piva má chemické složení varní vody. Nejsilněji se uplatňují typické karbonátové vody, jež mladinu přibarvují, tím silněji, čím mají vyšší (karbonátovou) přechodnou tvrdost, a zejména pokud je v nich zastoupen ve větší míře kyselý uhličitán hořečnatý nebo dokonce soda.

Vliv na barvu piva má dále rmutovací postup. Čím déle rmutování trvá, čím déle se rmuty vaří, tím bývá mladina tmavší.

Další činitel, který ovlivňuje barvu piva je provedení chmelovaru. Přibarvení způsobuje délka varu, tvar i hloubka pánve. Také silně skvrnitý a přestárlý chmel může mladinu přibarvit.

Odchytky od standardní barvy a nečisté barevné odstíny jsou nejvíce viditelné u světlých piv. Kolísání barvy poukazuje vždy na nepravidelnosti ve výrobě nebo to poukazuje na změnu jakosti piva.

*(Lhotský A., 1957)*

Barva světlých piv plzeňského typu má být světle zlatohnědá a čistá. Zvlášť světlá, nazelenalá barva neodpovídá tomuto typu piva. Nežádoucí jsou odstíny do červena. Největší vadou je příliš temná, nestandardní barva světlých piv.

**Tabulka 41: Hodnoty barvy 1., 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8., 9., a 10. vzorku 11 % piva**

	V 1	V 2	V 3	V 4	V 5	V 6	V 7	V 8	V 9	V 10
<b>1.den</b>	17,2	17,3	14,7	15,1	16,0	16,8	15,8	20,4	22,2	24,4
<b>2.den</b>	15,8			15,4				20,0	19,4	23,5
<b>3.den</b>	15,0	16,0	14,2	15,1	15,9	16,0	15,6	20,4	18,4	23,0
<b>4.den</b>	14,6	15,8			15,4	15,5	15,6	20,2	18,6	
<b>5.den</b>							15,5	19,2		
<b>6.den</b>			13,5							24,4
<b>7.den</b>	17,5	13,8	13,2	13,2	13,2	14,0			17,9	24,3
<b>8.den</b>	17,0	14,5	13,0	13,8	14,3	15,2	16,2	19,2	17,2	24,2



14.den		28,0							21,2	
15.den				28,6						

Při kvašení nastává vždy pokles barvy, který je různý při použití různých technických kultur várečných kvasnic. Z tabulek je patrné, že pouze u vzorku 3 a 17 je toto pravidlo dodrženo a hodnota barvy každý den klesá. U ostatních vzorků sice vidíme, že je hodnota barvy první den vyšší než poslední den, ale během kvašení jsou jisté nepravidelnosti v poklesu. A u vzorku 1, 7, a 13 můžeme dokonce vidět, že barva na začátku kvašení je nižší než konečná hodnota barvy. Je to určitě způsobeno nepřesností měření.

Barva piva byla měřena spektrofotometricky při vlnové délce 430 nm přístrojem SPEKOL 11.

## 4.4 pH

### 4.4.1 pH obecně

Hodnota pH je definována jako záporně vzatý dekadický logaritmus aktivity oxoniových kationtů. Ve zředěných vodných roztocích lze hodnotu aktivity aproximovat hodnotou koncentrace a pak platí:

$$\text{pH} = -\log(c(\text{H}_3\text{O}^+))$$

Obecně platí rovnice:

$$\text{pH} = -\log(a(\text{H}_3\text{O}^+))$$

kde  $a$  značí aktivitu iontu ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ). pH nabývá hodnot od 0 do 14. Chemicky čistá voda má  $\text{pH} = 7$ , kyseliny od 0 do 6 a hydroxidy od 8 do 14.

Ve vodném roztoku je vždy kromě molekul  $\text{H}_2\text{O}$  také určité množství oxoniových kationtů  $\text{H}_3\text{O}^+$  a hydroxylových aniontů  $\text{OH}^-$ . Součin koncentrací obou těchto iontů je ve vodných roztocích vždy konstantní, je označován jako iontový součin vody a nabývá hodnoty  $10^{-14}$ . V čisté vodě je látková koncentrace obou iontů stejná:  $10^{-7}$ . To odpovídá  $\text{pH} = 7$ . Kyselost vzniká přebytkem  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Zvýšení jejich koncentrace na stonásobek, tedy  $10^{-5}$ , odpovídá  $\text{pH} = 5$ . Zásaditost je přebytek hydroxylových iontů na úkor oxoniových. Je-li v roztoku např. 1000× více  $\text{OH}^-$  než ve vodě, klesne koncentrace iontů  $\text{H}_3\text{O}^+$  na  $10^{-10}$ , což odpovídá  $\text{pH} = 10$ .

Pro přesná měření hodnot  $\text{pH}$  vodných roztoků se v současné době používá prakticky výlučně potenciometrie s využitím skleněné elektrody jako měrného členu. Podstatou uvedené metody je velmi přesné určení elektrického potenciálu mezi měrnou (skleněnou) a referentní elektrodou. Jako referentní elektrody lze v tomto případě využít prakticky každé elektrody II. druhu, tedy elektrody, jejíž potenciál zůstává konstantní při změně prostředí, v němž je ponořena. Nejčastěji se zde uplatňuje kalomelová nebo argentchloridová srovnávací elektroda.

Kyselost měřeného roztoku určuje elektrický potenciál měrné skleněné elektrody. Základní část skleněné elektrody tvoří tenkostěnná miniaturní baňka ze speciálního skla. Vnitřní objem baňky je naplněn pufrem, tedy roztokem o konstantním  $\text{pH}$ . Vnější povrch baňky je ve styku s měřeným roztokem a rovnováha mezi hydroxoniovými ionty ve zkoumaném roztoku a ionty v povrchu skla způsobují změnu elektrického potenciálu elektrody.

Elektrický potenciál mezi měrnou a referentní elektrodou je měřen citlivým poteociometrem, který musí vykazovat vysoký vstupní odpor (minimální požadavek je  $10^{14} \Omega$ , kvalitní přístroje mají parametry o řád až dva lepší). Komerčně dodávané přístroje - **pH-metry** současně převádějí měřené napětí mezi elektrodami přímo na hodnotu  $\text{pH}$ , kterou zobrazují digitálně na displeji.

### 4.4.2 $\text{pH}$ v pivovarnictví

Hodnota  $\text{pH}$  výrazně ovlivňuje nejen chemické a biochemické procesy ve vodách, nýbrž i stabilitu a aktivitu enzymů, zejména při rmutování. Současně je také ukazatelem



aktivity vody. Rozmezí pH je obvykle závislé na rovnováze mezi volným oxidem uhličitým a vázaným oxidem uhličitým (uhličitanová rovnováha).

Hodnota pH má vliv při rmutování na enzymové procesy, především na štěpení vysokomolekulárních látek, dále na rozpustnost dusíkatých a hořkých látek při chmelovaru a na intenzitu přibarvení vyražené mladiny. Mezi hodnotou pH mladiny a příslušného piva jsou určité závislosti. U mladiny s vyšší hodnotou pH obtížněji koagulují při varu výšomolekulární dusíkaté látky a piva jsou náchylná k tvorbě koloidních zákalů.

Vznikem oxidu uhličitého a organických kyselin, zejména kyseliny mléčné, hodnota **pH při hlavním kvašení vždy klesá**. Průběhu křivek se přikládá značná důležitost se zřetelem na koagulaci bílkovin a na aglutinaci kvasnic. Absolutní hodnoty pH mají význačný vliv na možný rozvoj infekce v pivě.

(Basařová G. a kol., 1993)

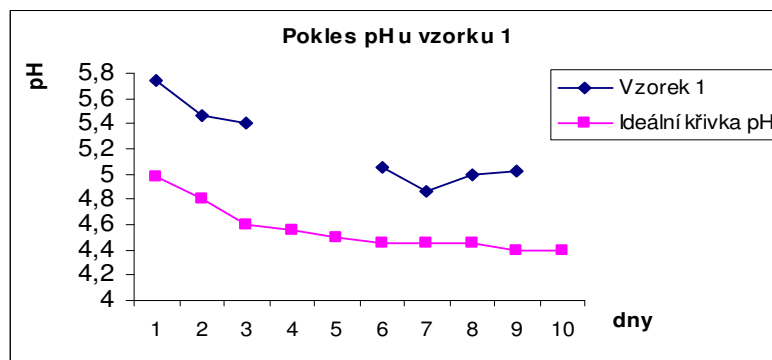
### 4.4.3 Sledované pH u deseti vzorků 11 % piva

U každého vzorku bylo téměř každý den monitorováno pH a poté vypracován graf a vzniklá křivka byla porovnána s ideálním poklesem pH při hlavním kvašení. Před měření se vzorky odplynily intenzivním třepáním v PET baňce a zfiltrovaly přes filtrační papír s přídavkem 1 lžičky křemeliny. Zkoumaný vzorek se nalil do kádinky, vytemperoval na 20 °C a ponořily se do něho skleněná a kalomelová elektroda. Na digitálním displeji se ukázala hodnota pH zkoumaného vzorku.

Tabulka 43: Vývoj pH křivky u V 1

	Mladina	1.den	2.den	3.den	6.den	7.den	8.den	9.den
pH	5,7	5,74	5,47	5,4	5,06	4,87	5,0	5,03

Graf 5: Vývoj pH křivky u V 1

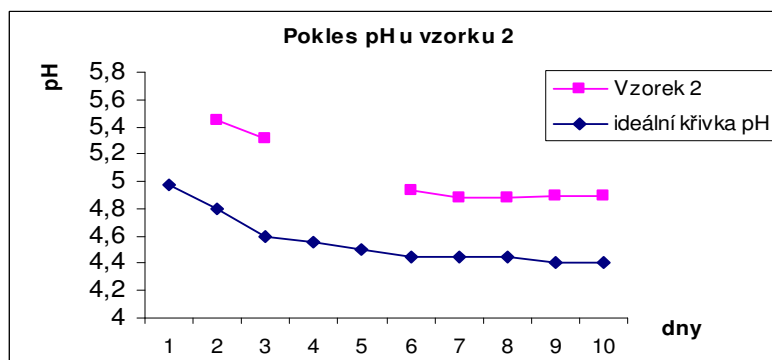


Z grafu jasně vidíme, že vzorek 1 má hodnotu pH vyšší, než je ideální křivka pH při hlavním kvašení. Od začátku kvašení až do sedmého dne pH klesalo a poté jeho hodnota začala dokonce stoupat, což by se nemělo stát. Vzorek 1 tedy neodpovídá ideálnímu průběhu kvašení co se týká pH. Výrobek z této várky bude mít vyšší pH a jeho hodnota nebude v povoleném intervalu 4,0 – 4,9 potravinového zákona.

Tabulka 44: Vývoj pH křivky u V 2

	Mladina	2. den	3.den	6.den	7.den	8.den	9.den	10.den
pH	5,65	5,45	5,31	4,94	4,88	4,88	4,89	4,89

Graf 6: Vývoj pH křivky u V 2

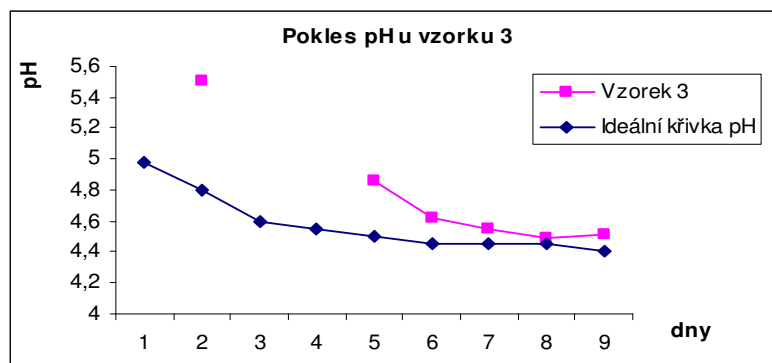


O vzorku 2 bychom mohli říci, že jeho křivka poklesu pH je téměř ideální, kdyby ale každá hodnota pH byla alespoň o 0,5 menší. V této chvíli mohu opět tvrdit, že toto pivo nebude splňovat normu danou zákonem co se týká hodnoty pH, neboť maximální tolerovaná hodnota je 4,9.

Tabulka 45: Vývoj pH křivky u V 3

	Mladina	2. den	5.den	6.den	7.den	8.den	9.den
pH	5,65	5,51	4,86	4,62	4,55	4,49	4,51

Graf 7: Vývoj pH křivky u V 3

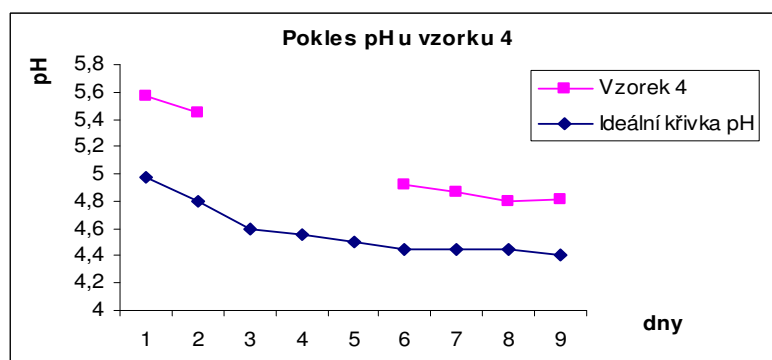


U vzorku 3 z grafu můžeme vysledovat, že v první fázi kvašení je sice hodnota pH vyšší než u ideálního stavu, ale přesto osmý den se hodnoty vyrovnaly a konečné pH je téměř shodné s ideálním stavem. Stočené pivo proto určitě budeme mít pH v požadovaném intervalu, který by se měl pohybovat od 4,6 do 4,7.

Tabulka 46: Vývoj pH křivky u V 4

	Mladina	1. den	2.den	6.den	7.den	8.den	9.den
pH	5,59	5,57	5,45	4,92	4,87	4,8	4,81

Graf 8: Vývoj pH křivky u V 4

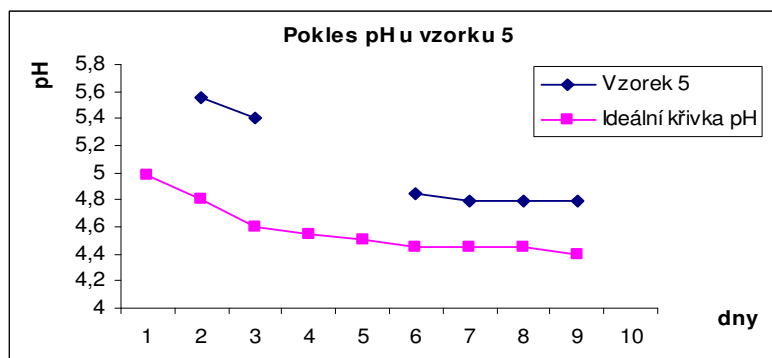


Z grafu opět vidíme, že hodnoty v celém průběhu poklesu pH jsou vyšší než je ideální stav. Přesto si dovoluji tvrdit, že u hotového výrobku bychom se mohli vejít do tolerované hodnoty pH 4,9.

Tabulka 47: Vývoj pH křivky u V 5

	Mladina	2. den	3.den	6.den	7.den	8.den	9.den
pH	5,62	5,55	5,4	4,85	4,79	4,79	4,79

Graf 9: Vývoj pH křivky u V 5

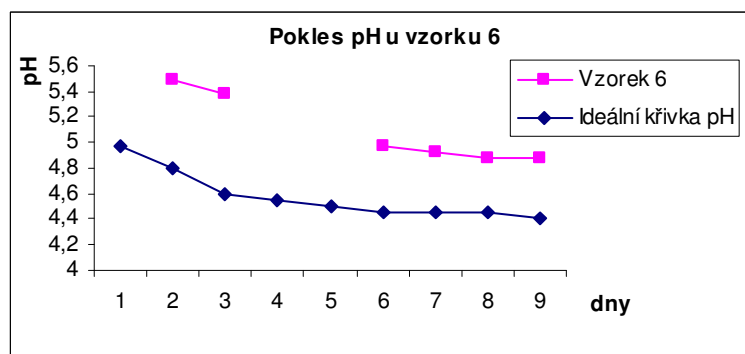


U vzorku 5 se průběh křivky poklesu pH zdá být v pořádku, i když se hodnoty pH pohybují opět při horní hranici tolerance. Konečná hodnota je 4,79 a proto si myslím, že i vyrobené pivo bude mít pH v pořádku podle potravinového zákona, i když při horní hranici.

Tabulka 48: Vývoj pH křivky u V 6

	Mladina	2. den	3.den	6.den	7.den	8.den	9.den
pH	5,64	5,49	5,38	4,97	4,92	4,88	4,88

Graf 10: Vývoj pH křivky u V 6

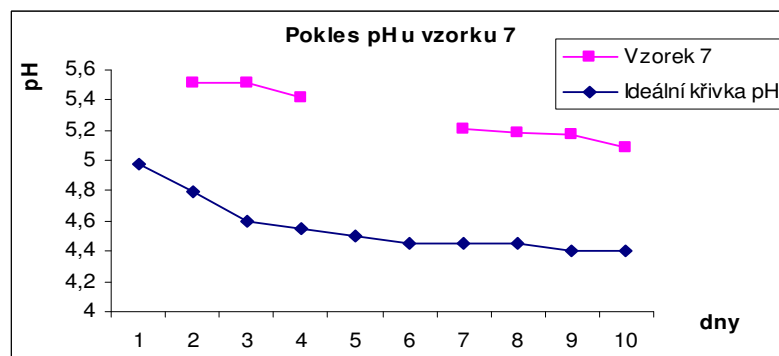


U vzorku 6 je pokles pH křivky velice pozvolný a konečná hodnota pH je 4,88. Tato hodnota je dost vysoká a podle mého názoru bude mít finální pivo vysoké pH.

Tabulka 49: Vývoj pH křivky u V 7

	Mladina	2. den	3.den	4.den	7.den	8.den	9.den	10.den
pH	5,64	5,52	5,51	5,42	5,21	5,19	5,17	5,09

Graf 11: Vývoj pH křivky u V 7



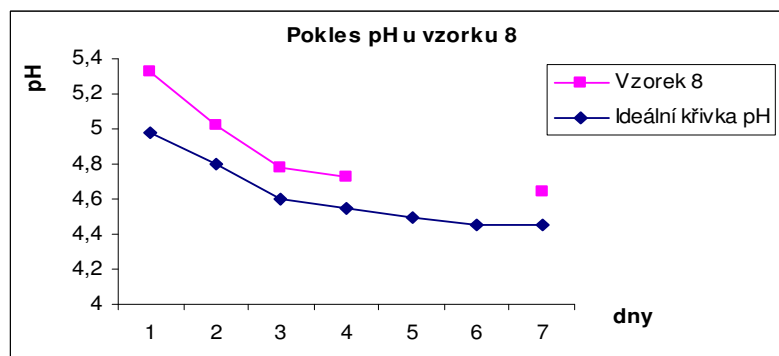
Z grafu můžeme vidět, že u vzorku 7 hodnota pH mezi druhým a třetím dnem téměř neklesla. Podle ideální křivky by právě mezi těmito dvěma dny měl být pokles jasně viditelný. Konečná hodnota pH je vysoká a rovná se 5,09. S jistotou mohu tvrdit, že stočené pivo nebude splňovat hodnotu pH požadovanou zákonem.



Tabulka 50: Vývoj pH křivky u V 8

	Mladina	1. den	2.den	3.den	4.den	7.den
pH	5,48	5,33	5,02	4,78	4,73	4,64

Graf 12: Vývoj pH křivky u V 8

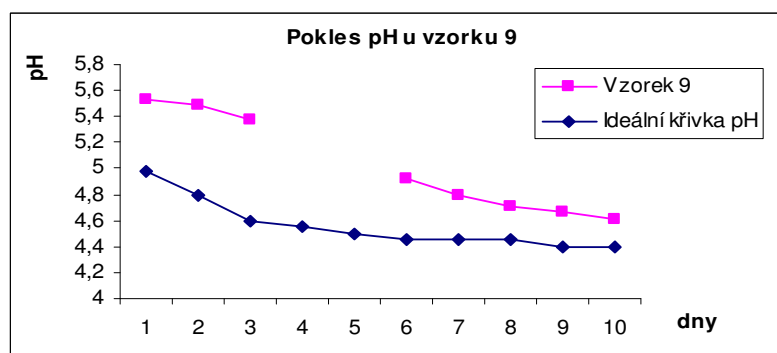


Podle tabulky i grafu vidíme, že vzorek 8 byl prokvašený za poměrně krátkou dobu, což je 7 dní. Můžeme tvrdit, že pokles pH křivky je téměř ideální a konečná hodnota pH je 4,64. Hotové pivo bude mít pH dle normy.

Tabulka 51: Vývoj pH křivky u V 9

	Mladina	1. den	2.den	3.den	6.den	7.den	8.den	9.den	10.den
pH	5,49	5,53	5,49	5,37	4,92	4,8	4,71	4,67	4,61

Graf 13: Vývoj pH křivky u V 9

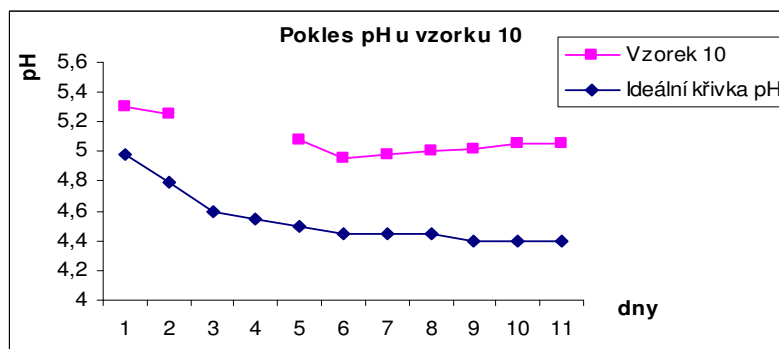


U tohoto vzorku si můžeme všimnout, že mezi prvním a druhým dnem kvašení byl pokles pH křivky malý, ale přesto nám hodnota pH desátý den klesla až na hodnotu pH 4,61. Pivo vyrobené ze vzorku 9 nebude mít problém s vysokým pH.

Tabulka 52: Vývoj pH křivky u V 10

	mladina	1. den	2.den	5.den	6.den	7.den	8.den	9.den	10.den	11.den
pH	5,48	5,3	5,25	5,08	4,96	4,98	5,0	5,02	5,05	5,05

Graf 14: Vývoj pH křivky u V 10



Průběh poklesu pH křivky u vzorku 10 rozhodně neprobíhal tak, jak by měl. Od šestého dne, kdy vzorek ležel na spilce, mám pH začalo stoupat a rostlo až do jedenáctého dne, kdy pivo bylo přečerpáno do ležáckých tanků. Konečná hodnota pH proto vyrostla až na hodnotu 5,05 a již nyní přesahuje normu povolenou zákonem.

Ze sledovaných deseti vzorků 11 % piva bude mít pouze polovina, což je pět vzorků, konečnou hodnotu pH dle předpisů potravinového zákona. Zbývajících pět piv bude mít hodnotu pH vyšší než 4,9.

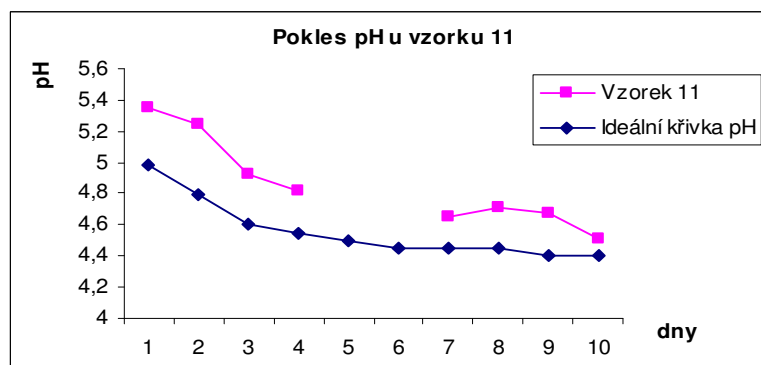
#### 4.4.4 Sledované pH u deseti vzorků 14 % piva

Stejným způsobem, jako bylo sledováno pH u deseti vzorků 11% piva, bylo monitorováno pH i u 14 % piva. Ke každému vzorku je vypracovaný graf a krátký komentář. Z deseti vzorků 14 % piva pouze čtyři vzorky nepřekročí hodnotu pH 4,9, ze zbylých šesti vzorků bude mít finální výrobek problém s vysokým pH.

Tabulka 53: Vývoj pH křivky u V 11

	mladina	1. den	2.den	3.den	4.den	7.den	8.den	9.den	10.den
pH	5,56	5,35	5,24	4,92	4,82	4,65	4,71	4,67	4,51

Graf 15: Vývoj pH křivky u V 11

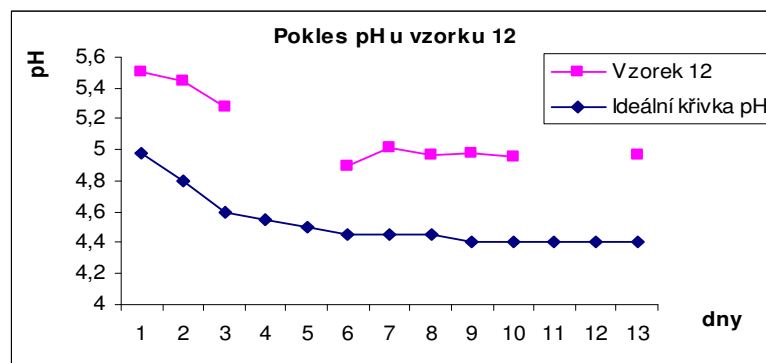


U vzorku 11 pH klesalo až do sedmého dne. Osmý den mírně vzrostlo, což by se nemělo stát, ale přesto konečné pH dosáhlo téměř ideální hodnotu. Vyrobené pivo z tohoto vzorku nebude mít problém s vysokým pH.

Tabulka 54: Vývoj pH křivky u V 12

	mladina	1. den	2.den	3.den	6.den	7.den	8.den	9.den	10.den
pH	5,47	5,5	5,44	5,28	4,89	5,01	4,97	4,98	4,96

Graf 16: Vývoj pH křivky u V 12

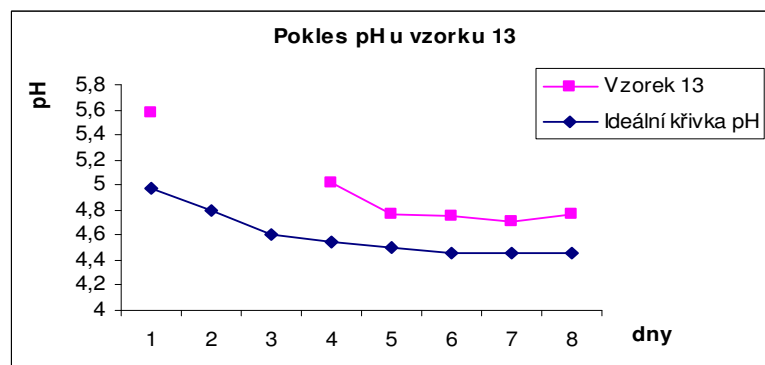


Křivka poklesu vzorku 12 je atypická. Všechny hodnoty pH jsou dost vysoké a ani během kvašení v kvasných kádích hodnoty moc neklesaly. Ze šestého dne na den sedmý dokonce pH vzrostlo. Konečné pH je 4,96, což mám dokazuje, že finální produkt nebude splňovat normu danou zákonem.

Tabulka 55: Vývoj pH křivky u V 13

	mladina	1. den	4.den	5.den	6.den	7.den	8.den
pH	5,58	5,58	5,02	4,76	4,75	4,71	4,77

Graf 17: Vývoj pH křivky u V 13

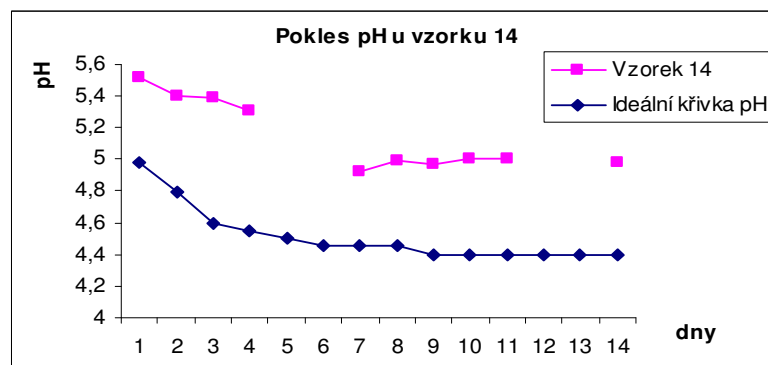


Vzorek 13 se prokvasil za pouhých osm dní. I přestože sedmý den hodnota pH mírně stoupla, konečné pH je 4,77. Tato hodnota stačí na to, aby výrobek po stočení do určeného obalu neměl problém s vysokým pH.

Tabulka 56: Vývoj pH křivky u V 14

	mladina	1. den	2.den	3.den	4.den	7.den	8.den	9.den	10.den	11.den	14.den
pH	5,45	5,52	5,4	5,39	5,31	4,92	4,99	4,97	5,01	5,01	4,98

Graf 18: Vývoj pH křivky u V 14

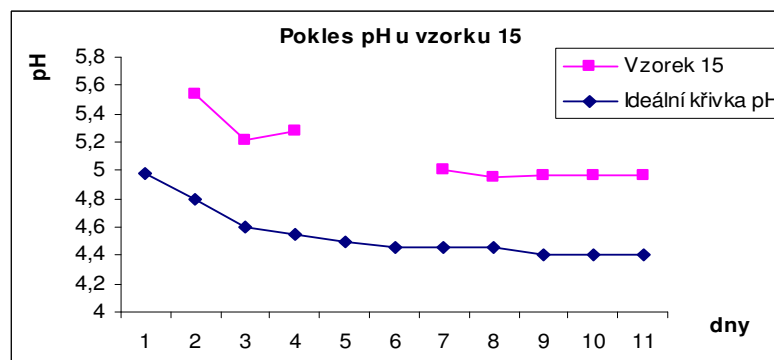


Průběh poklesu pH křivky u vzorku 14 neprobíhá podle standardní situace. Mezi druhým a třetím dnem hodnota pH téměř neklesla a od sedmého dne dokonce stoupá. Konečná hodnota pH je 4,98 a již při přečerpávání do ležáckých tanků nesplňuje normu povolenou zákonem.

Tabulka 57: Vývoj pH křivky u V 15

	mladina	2. den	3.den	4.den	7.den	8.den	9.den	10.den	11.den
pH	5,51	5,54	5,21	5,28	5,01	4,95	4,96	4,97	4,97

Graf 19: Vývoj pH křivky u V 15



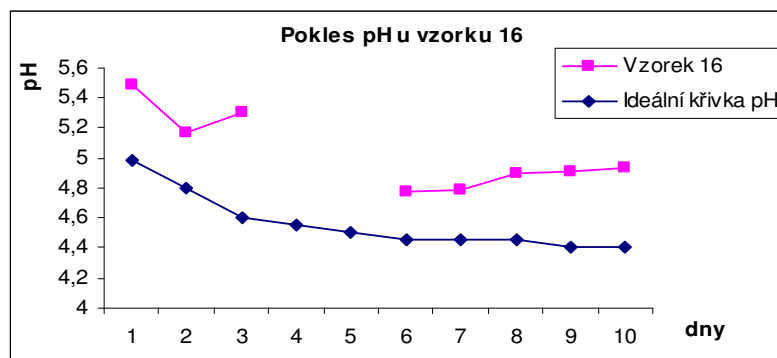
Z grafu vidíme, že pH křivka neprobíhá ideálně. Jeho hodnoty jsou podstatně vyšší než při standardní situaci. Třetí den pH dokonce ještě vzrostlo a jeho konečná hodnota činí 4,97. Ani tento vzorek nesplňuje podmínku, týkající se hodnoty pH, danou potravinovým zákonem.



Tabulka 58: Vývoj pH křivky u V 16

	mladina	1. den	2.den	3.den	6.den	7.den	8.den	9.den	10.den
pH	5,6	5,49	5,17	5,31	4,78	4,79	4,9	4,91	4,94

Graf 20: Vývoj pH křivky u V 16

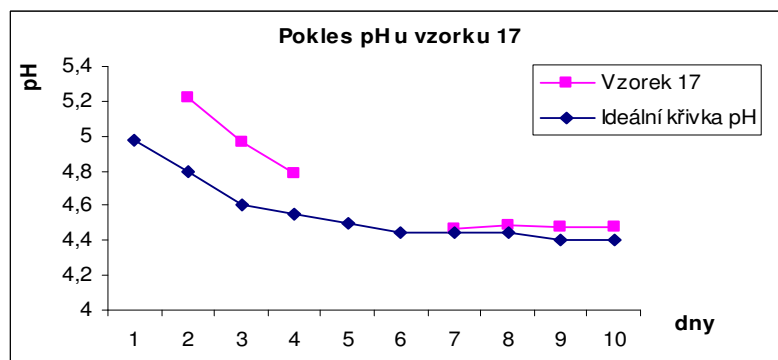


U vzorku 16 pH křivka také neprobíhá podle běžného poklesu. Již druhý den hodnota vzrostla z 5,17 na 5,31. Nejnižší hodnotu dosáhla šestý den, což bylo 4,78 a pak již pouze rostla. Finální pH činí 4,97 a opět nebude splněna mez povolená zákonem.

Tabulka 59: Vývoj pH křivky u V 17

	mladina	2. den	3.den	4.den	7.den	8.den	9.den	10.den
pH	5,55	5,22	4,97	4,78	4,47	4,49	4,48	4,48

Graf 21: Vývoj pH křivky u V 17

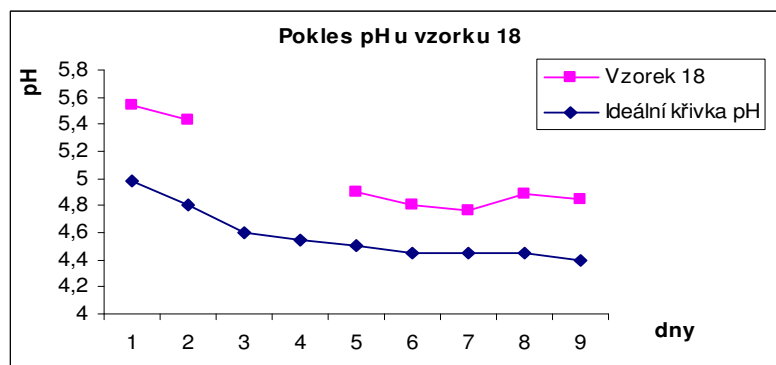


Z grafu vidíme, že sedmý a osmý den hodnota pH mírně stoupá, ale přesto je konečná hodnota pH nízká a činí 4,48. Mohli bychom tvrdit, že je ideální a hotové pivo určitě nebude mít žádný problém s pH.

Tabulka 60: Vývoj pH křivky u V 18

	mladina	1. den	2.den	5.den	6.den	7.den	8.den	9.den
pH	5,58	5,54	5,43	4,9	4,8	4,76	4,89	4,84

Graf 22: Vývoj pH křivky u V 18

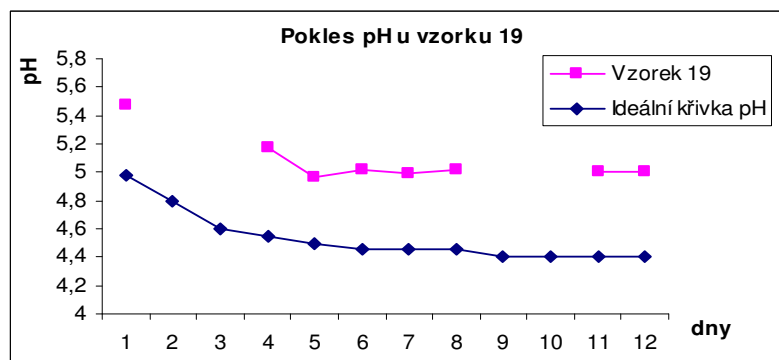


U vzorku 18 až do sedmého dne pH křivka klesá na nejnižší dosaženou hodnotu, což je 4,80. Osmý den stoupla na 4,89 a poslední den na spilce byla hodnota vzorku 4,84. Na pH piva je to poměrně vysoké číslo a podle mého názoru bude mít pivo během stáčení pH při horní povolené hranici.

Tabulka 61: Vývoj pH křivky u V 19

	mladina	1. den	4.den	5.den	6.den	7.den	8.den	11.den	12.den
pH	5,62	5,48	5,17	4,97	5,02	4,99	5,02	5,01	5,01

Graf 23: Vývoj pH křivky u V 19

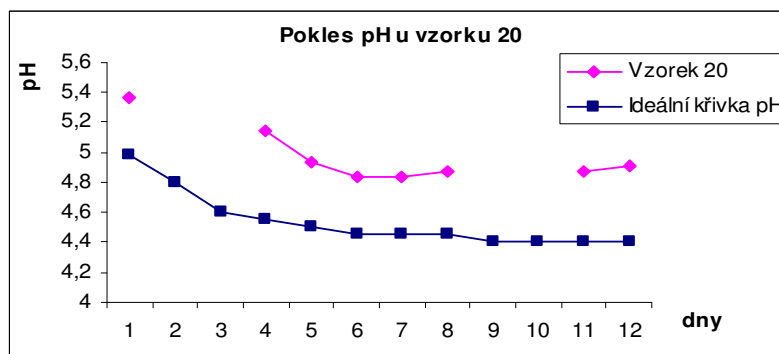


Na první pohled vidíme, že vzorek 19 již nyní překračuje normu danou zákonem. Minimální hodnota pH za celý průběh kvašení je 4,97, což je hodně vysoké číslo. Křivka začala stoupat už šestý den, poté mírně klesla a osmý den opět stoupala. Hotové pivo bude mít hodnotu pH přes 5,00, což by určitě nemělo být.

Tabulka 62: Vývoj pH křivky u V 20

	mladina	1. den	4.den	5.den	6.den	7.den	8.den	11.den	12.den
pH	5,4	5,36	5,14	4,93	4,84	4,84	4,87	4,88	4,91

Graf 24: Vývoj pH křivky u V 20



Křivka pH vzorku 20 do šestého dne klesá, další den hodnota stagnuje a od sedmého dne roste na konečnou hodnotu pH 4,91. I z tohoto vzorku vyrobené pivo bude mít problém s vysokým pH.

Hodnoty pH byly měřeny pomocí přístroje **acidometr 333**.

Z těchto deseti vzorků 14 % piva budou mít pouze čtyři pH dle normy potravinového zákona. Jejich hodnota pH je tedy nižší než je hodnota 4,9. Zbýlých šest várek bude mít pH vysoké.

Závěrem této podkapitoly, ve které se zabývám hodnotou pH při hlavním kvašení, mohu tvrdit, že z celkem dvaceti sledovaných vzorků bude mít devět z nich hodnotou pH v povoleném, nebo spíše tolerovaném intervalu, a to do hodnoty 4,9. U zbývajících piv bude pH vyšší než povoluje potravinový zákon.

Hodnota pH je ovlivněna kvalitou pitné vody, dále záleží na pH vyrobeného sladu a na pH uvařené mladiny. Důležitou roli zde hrají i použité kvasnice.

Veškerá voda používaná v pivovaru, odkud jsou sledované vzorky, je z osmdesáti pěti metrové studny. Asi v šedesáti metrech je umístěno čerpadlo a voda je brána stále ze stejné hloubky. Kvalita vody je pravidelně hlídána hygienickou stanicí a hodnota pH vody odpovídá normálu. A přesto ze starších rozborů piva, do kterých jsem nahlédla, si myslím, že i tato voda má vliv na problém s vysokým pH. Například na jaře, kdy je období tání nebo při období dešťů je hodnota pH jiná než při suchém létu.

Další činitelé, kteří ovlivňují pH piva je vyrobený slad a uvařená mladina. Tento pivovar, ze kterého pocházejí sledované vzorky si vyrábí vlastní slad, který je laboratorně kontrolován. Po nahlédnutí do záznamů mohu tvrdit, že pH sladu je v normálu, i když při horní hranici. Dále jsem se zabývala sledováním pH mladiny. Nejvyšší pH mladiny má vzorek 1 a jeho hodnota je 5,70. Z něho prokvašené pivo při přečerpávání do ležáckých tanků mělo pH 5,03. Ve třetím čísle časopisu Kvasný průmysl z roku 2006 (viz příloha B) je sledováno osm vzorků mladiny a z ní vyrobené pivo. Zde je nejvyšší hodnota pH 5,69, což je téměř shodné s naší hodnotou, a přesto konečný produkt má pH 4,83. Toto je důkaz, že v tomto případě pH mladiny nemusí mít vliv na problém s vysokým pH piva.

Podle mého názoru v našem případě je problém v používání kvasnic. Na konci hlavního kvašení sedimentují spodní kvasinky na dno kvasné kádě a po stáhnutí piva se sbírají, propírají se studenou vodou a znovu se nasazují do provozu. Mohou se použít až pětkrát. U dvaceti monitorovaných vzorků bylo pět vzorků, kdy byly kvasnice použity po páté a z nich čtyři mají vysoké pH. Po čtvrté byly kvasnice vyžité pro sedm

sledovaných vzorků a pět z nich má pH nad povolenou normu. U dalších tří vzorků prokvašely kvasnice po třetí a problém s pH mají dva vzorky. U zbylých pěti vzorků byly kvasnice použité poprvé nebo po druhé a tyto vzorky, co se týká pH, jsou v povolené normě potravinového zákona.

**Tabulka 63: Použitelnost kvasnic u sledovaných vzorků**

	pH do 4,9	pH nad 4,9
<b>W 1</b>	V 3	
<b>W 2</b>	V 8, V 9, V 11, V 17	
<b>W 3</b>	V 13	V 1, V 10
<b>W 4</b>	V 4, V 5	V 2, V 6, V 12, V 14, V 15
<b>W 5</b>	V 18	V 7, V 16, V 19, V 20

Z této tabulky jsem vyvodila závěr, že kdyby se kvasnice používaly jednou, dvakrát nebo nejvýše třikrát, problém s vysokým pH by se omezil na minimum. Byla by zde více než 85 % možnost úspěšné výroby piva, které by nemělo problém s vysokou hodnotou pH.

## 5 ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce je seznámení čtenáře s technologií výroby piva a studium základních chemických změn během jeho výroby. Je zde řečeno něco málo o historii tohoto uznávaného nápoje, principu výroby sladu a principu výroby piva. V práci nalezneme i rozdělení piv do skupin podle různých kritérií.

Studium chemických změn se týkalo nárůstu alkoholu, úbytků zdánlivého a reálného extraktu a hustoty a sledováním barvy a pH. Celkem bylo monitorováno dvacet vzorků mladiny a každý den byly tyto již zmiňované údaje zaznamenávány.

První část čtvrté kapitoly se zabývá alkoholem a u všech sledovaných vzorků můžeme konstatovat, že nárůst alkoholu proběhl bez potíží a v průběhu hlavního kvašení se nevyskytly komplikace. Z vypracovaných tabulek i z grafu vidíme, že každý den, co mladina ležela v kvasných kádích na spilce, hodnota alkoholu roste. Vzorky sice neprokvasily za stejnou dobu, ale podmínka, že počet dnů, kdy je mladina načerpána do kvasných kádí, až po dobu přecherpání do ležáckých tanků, by měl být stejný nebo nižší než původní extrakt (stupňovitost) mladiny, je dodržena. Vzorky 11 % piva jsou přecherpány do ležáckých tanků, když hodnota objemového alkoholu dosáhne minimálně 4,00 % a u vzorků 14 % piva je to hodnota 5,50 %.

Ve druhé části čtvrté kapitoly diplomové práce je zachyceno ubývání zdánlivého a skutečného extraktu. Zdánlivý extrakt -  $E_z$  [%] by měl během hlavního kvašení klesat a jeho hodnota by měla být menší než hodnota skutečného extraktu -  $E_s$  [%]. Tato podmínka je splněna u všech sledovaných vzorků. U 11% piva se dosažená hodnota zdánlivého extraktu pohybuje v rozmezí 2,3% až 3,0% a u 14% piva je rozmezí od 2,59% do 3,15%. Hodnoty se ještě budou měnit během zrání piva v ležáckých tancích. Konečná hodnota u výrobku se při takto silných piv pohybuje v průměru kolem 1,5 %.

Další část sleduje vývoj barvy. Při kvašení nastává vždy pokles barvy a barva piva je ovlivněna vyrobeným sladem, varní vodou, postupem při rmutování, povařování rmutů a chmelovaru. U sedmnácti vzorků je skutečně barva mladiny vyšší než u prokvašeného piva, ale u vzorku 3, 7 a 13 je barva na začátku kvašení nižší než



její konečná hodnota. Je to určitě způsobeno nepřesností měření. Barva piva byla měřena spektrofotometricky při vlnové délce 430 nm přístrojem SPEKOL 11.

Poslední část čtvrté kapitoly se zabývá vývojem pH křivky při hlavním kvašení a konečnou hodnotou pH. Závěrem této podkapitoly mohu tvrdit, že z celkem dvaceti sledovaných vzorků bude mít devět z nich hodnotou pH v povoleném, nebo spíše tolerovaném intervalu, a to do hodnoty 4,9. U zbývajících piv bude pH vyšší než povoluje potravinový zákon. Hodnota pH je ovlivněna kvalitou pitné vody, dále záleží na pH vyrobeného sladu a na pH uvařené mladiny. Důležitou roli zde hrají i použité kvasnice. Podle mého názoru je zde problém právě v kvasnicích. Z práce plyne, že kdyby se kvasnice používaly jednou, dvakrát nebo nejvýše třikrát, problém s vysokým pH by se omezil na minimum. Byla by zde více než 85 % možnost úspěšné výroby piva, které by nemělo problém s vysokou hodnotou pH.

## 6 LITERATURA

Basařová G. a kol. (1993): Pivovarsko-sladařská analytika I/III, Merkanta, Praha

Basařová G. a kol. (1985): Sladařství a pivovarství, SNTL, Praha

Čepička J. a Forman L. (1990): Technologie pro I. ročník SOU – Sladařská a pivovarská výroba, Institut výchovy a vzdělávání MZe, Praha

Daněk, J., Brožek, K. (1969): Technologie sladu a piva pro 4. ročník středních průmyslových škol potravinářské technologie. Státní pedagog. nakl., Praha, s. 318

Hlaváček, F., Lhotský, A. (1966): Pivovarství. SNTL, Praha, s. 483

Hough, J.S. et al. (1989): Malting and Brewing Science, Chapman-Hall, London

Kunze W. (1999): Technology Brewing and Malting, 2nd Edition, VLB, Berlin

Kosař K., Procházka S. a kol. (2000): Technologie výroby sladu a piva, Výzkumný ústav pivovarský a sladařský a.s., Praha

Lhotský A. (1957): Technologická kontrola sladařské a pivovarské výroby. Stát. naklad. technické literatury, Praha

Soukupová, L., Frantík, F. (2004): Pivo - slad - chmel od A do Z. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Praha, 217 s.

<http://www.cspas.cz>

<http://www.sci.muni.cz/mikrob/kvasbiotech/pivo/tradpiv.html>

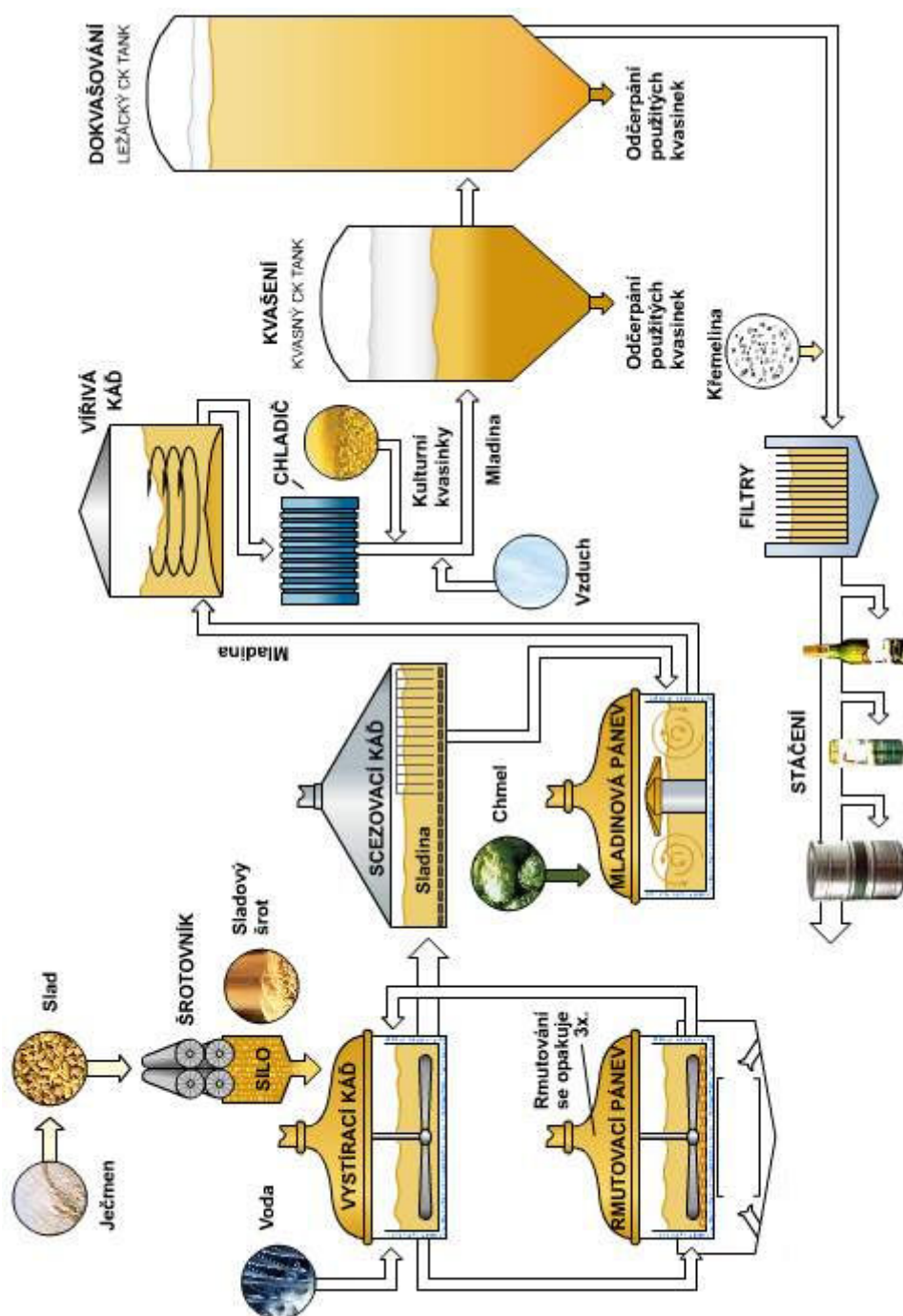
<http://www.vscht.cz/kch/kestazeni/sylaby/pivovarstvi.pdf>

<http://www.vscht.cz/kch/kestazeni/sylaby/sladarstvi.pdf>

<http://www.pilsner-urquel.cz>

# Přílohy

## Příloha A: SCHÉMA VÝROBY PIVA



Obrázek 15: Schéma výroby piva

Příloha B: TABULKY Z ČASOPISU  
KVASNÝ PRŮMYSL

85

KVASNÝ PRŮMYSL  
roč. 52 / 2006 – číslo 3

Tab. 4 Chemický rozbor mláďiny

Analytický parametr	Jednotka	1	2	3	4	5	6	7	8
Koncentrace extraktu	%	12,59	12,76	12,64	12,42	12,3	12,53	12,59	12,83
Barva	j.EBC	12,95	12,6	13,77	13,43	11,1	14,8	11,6	10,6
pH		5,69	5,67	5,64	5,63	5,67	5,6	5,6	5,5
Izosloučeniny	mg/l	58	56	58	55	60	54	55	56
Alfa-aminodusík	mg/l	298	290	320	291	230	283	263	283
Celkové polyfenoly	mg/l	230	243	258	273	259	253	259	245

Tab. 5 Chemický rozbor piva


Analytický parametr	Jednotka	1	2	3	4	5	6	7	8
Extrakt zdánlivý	% hm.	2,72	2,82	2,85	3,07	2,85	2,88	3,08	3,27
Extrakt skutečný	% hm.	4,6	4,74	4,74	4,9	4,68	4,74	4,93	5,09
Extrakt dosažitelný	% hm.	2,41	2,51	2,37	2,61	2,2	2,55	2,58	2,73
Alkohol	% obj.	5,2	5,32	5,26	5,07	5,06	5,16	5,14	5,04
Původní extrakt	% hm.	12,47	12,77	12,68	12,56	12,34	12,54	12,68	12,69
Prokvašení zdánlivé	%	78,15	77,9	77,56	75,53	76,88	77,05	75,73	74,21
Prokvašení skutečné	%	64,63	64,48	64,19	62,55	63,6	63,76	62,73	61,52
Prokvašení dosažitelné	%	80,67	80,34	81,3	79,21	82,17	79,65	79,65	78,48
Barva	j.EBC	9,74	9,48	10,14	9,9	7,84	8,84	8,17	7,37
pH		4,83	4,77	4,78	4,82	4,67	4,73	4,74	4,77
Izosloučeniny	j.h.	23	21	20	20	22	23	24	22
Celkový rozpustný dusík	mg/l	817	750	811	783	632	704	732	687
Alfa-aminodusík	mg/l	187	150	175	180	117	133	150	153
Celkové polyfenoly	mg/l	201	235	226	237	216	234	209	213
Diacetyl	mg/l	0,2	0,19	0,21	0,18	0,09	0,06	0,06	0,09
Oxid uhlíčitý	%	0,51	0,55	0,55	0,55	0,59	0,57	0,6	0,6
Pénivost NIBEM	s	238	247	233	220	202	230	222	214
Filtrovatelnost dle Essera	g	222	194	258	571	400	500	364	360
Čírost	j.EBC	0,42	0,44	0,37	0,37	0,35	0,36	0,36	0,38



## Příloha C: ALCOLYZER BEER

**Anton Paar**

**Automatický nástřikový & výpočetní systém**



The image shows the Alcolyzer Beer system, which includes two main units with integrated displays, a separate keyboard, and a circular component with multiple white ports. The units are connected by cables, and the entire setup is presented on a light-colored background.

**Alcolyzer Beer + DMA4500 + SP-1m**

**Měření:**

- Alc %obj/obj
- Hustota g/cm<sup>3</sup>

**Výpočet:**

- Alc %hm/hm
- Skut. extrakt
- Pův. extrakt
- Zdánlivý extrakt
- Měrná hmotnost
- Skut. Stupeň ferment.
- Zdánliv.stupeň ferment.
- Kalorie

Anton Paar GmbH | Kaerntner Strasse 322, 8054 Graz, Austria-Europe | Internet: <http://www.anton-paar.com>